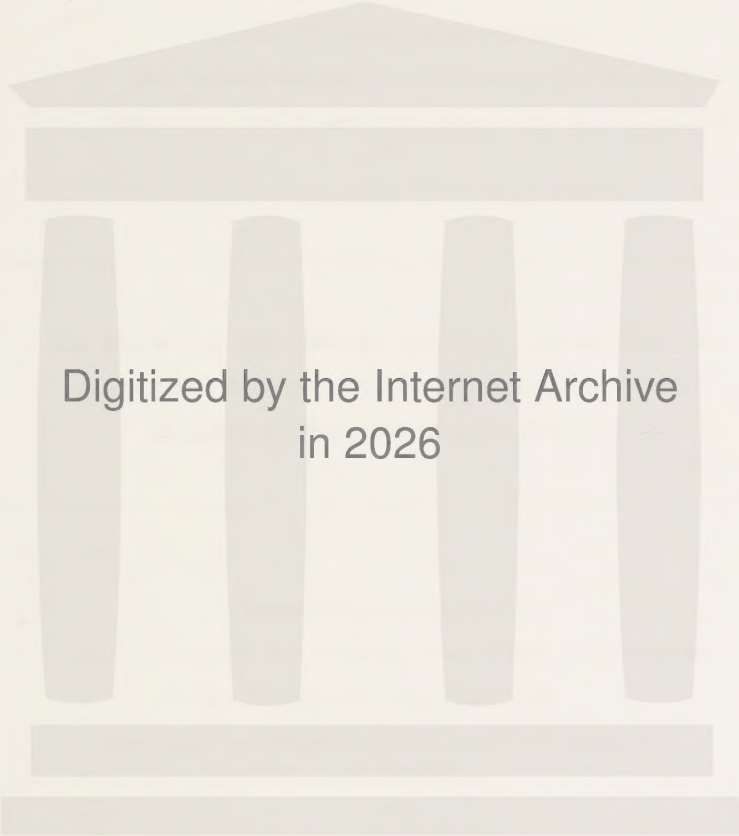


ZUR FRAGE VON BEZIEHUNGEN  
ZWISCHEN MARKERGENEN UND  
MAST- UND SCHLACHTLEISTUNGS-  
EIGENSCHAFTEN SOWIE  
FLEISCHBESCHAFFENHEIT  
BEIM SCHWEIN

Mushiba Kadima-Nkashama

*Diss  
München  
1985*





Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41554826\\_0002](https://archive.org/details/IA41554826_0002)



Aus der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht, Grub

Präsident: Prof. Dr. H. Bogner

vorgelegt über das

Institut für Tierzucht und Tierhygiene

der Tierärztlichen Fakultät

der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Tierzucht: Prof. Dr. H. Kräußlich

---

ZUR FRAGE VON BEZIEHUNGEN ZWISCHEN MARKERGENEN UND  
MAST- UND SCHLACHTLEISTUNGSEIGENSCHAFTEN SOWIE  
FLEISCHBESCHAFFENHEIT BEIM SCHWEIN

---

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von

Mushiba Kadima-Nkashama

aus

Tshilenge  
(Zaire)

München 1985

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. W. Leidl

Referent: Prof. Dr. H. Kräußlich

Korreferent: Prof. Dr. Dr.h.c. L. Kotter

Tag der Promotion: 22. Februar 1985

Diese Arbeit wurde aus Mitteln der Hanns-Seidel-Stiftung e.V.,  
München gefördert.

Meiner Familie

Meinen Freunden



# I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

|                                                                   | Seite |
|-------------------------------------------------------------------|-------|
| EINLEITUNG                                                        | 1     |
| 1. LITERATURÜBERSICHT                                             | 1     |
| 1.1. GENETISCHE BEZIEHUNGEN ZWISCHEN MERKMALEN                    | 1     |
| 1.1.1. Pleiotropie                                                | 1     |
| 1.1.2. Heterosis                                                  | 1     |
| 1.1.3. Genkopplung und Faktorenaustausch                          | 2     |
| 1.2. GENMARKER BEIM SCHWEIN                                       | 4     |
| 1.2.1. Blutgruppensysteme                                         | 5     |
| 1.2.2. Enzym- und Serumproteinsysteme                             | 7     |
| 1.3. STRESSANFÄLLIGKEIT BEIM SCHWEIN                              | 9     |
| 1.3.1. Problematik                                                | 9     |
| 1.3.2. Ursachen; patho-physiologische und genetische Grundlagen   | 9     |
| 1.3.3. Nachweis der Streßanfälligkeit                             | 10    |
| 1.3.3.1. Halothantest                                             | 11    |
| 1.3.3.2. Creatin-Kinase(CK)-Test                                  | 14    |
| 1.3.3.3. Beziehungen zwischen Halothan- und CK-Test               | 15    |
| 1.4. LEISTUNGSEIGENSCHAFTEN BEIM SCHWEIN                          | 16    |
| 1.4.1. Mast- und Schlachtleistung                                 | 16    |
| 1.4.2. Fleischbeschaffenheit                                      | 16    |
| 1.5. BEZIEHUNGEN ZWISCHEN MARKERN UND LEISTUNGSMERKMALEN          | 20    |
| 1.5.1. Beziehungen zwischen verschiedenen Genmarkern              | 20    |
| 1.5.2. Beziehungen zwischen Blutgruppen und Streßanfälligkeit     | 21    |
| 1.5.3. Beziehungen zwischen verschiedenen Leistungen beim Schwein | 22    |

|          |                                                                                              |    |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.5.4.   | Beziehungen zwischen Genmarkern, Halothanreaktion, CK-Aktivität (logCK-Werte) und Leistungen | 23 |
| 1.5.4.1. | Mastleistung                                                                                 | 23 |
| 1.5.4.2. | Schlachtleistung                                                                             | 24 |
| 1.5.4.3. | Fleischbeschaffenheit                                                                        | 24 |
| 1.5.4.4. | Andere Leistungen                                                                            | 27 |
| 2.       | EIGENE UNTERSUCHUNGEN                                                                        | 28 |
| 2.1.     | PROBLEMSTELLUNG UND GRUNDLAGEN DER UNTERSUCHUNGEN                                            | 28 |
| 2.2.     | MATERIAL UND METHODEN                                                                        | 29 |
| 2.2.1.   | Material                                                                                     | 29 |
| 2.2.2.   | Methoden                                                                                     | 31 |
| 2.2.2.1. | Untersuchungsmethoden                                                                        | 31 |
|          | - Halothan- und CK-Test, Nachweis von Blutgruppen und polymorphen Enzymsystemen              | 31 |
|          | - Leistungsprüfung                                                                           | 32 |
| 2.2.2.2. | Auswertungsmethoden                                                                          | 32 |
| 2.3.     | ERGEBNISSE                                                                                   | 36 |
| 2.3.1    | Datenstruktur                                                                                | 36 |
| 2.3.1.1. | Genotypen- bzw. Phänotypen- und Genfrequenzen der Bluttypen und Halothanreaktion             | 36 |
| 2.3.1.2. | Creatinkinase-Aktivität                                                                      | 37 |
|          | - Mittelwert und Standardabweichung der CK-Aktivität                                         | 37 |
|          | - Häufigkeitsverteilung der CK-Aktivitäten                                                   | 38 |
|          | - Unterteilung der CK-Aktivitäten in Klassen                                                 | 40 |
| 2.3.2.   | Kopplungsbeziehungen zwischen den Blutparametern und Halothanreaktion                        | 41 |
| 2.3.2.1. | Häufigkeitsverteilung der Blutparameter                                                      | 41 |
| 2.3.2.2. | Häufigkeitsverteilung der Blutparameter in den Halothangruppen                               | 44 |
| 2.3.2.3. | Halothanreaktion und CK-Aktivität                                                            | 45 |
|          | - Mittelwert und Standardabweichung getrennt nach Halothangruppen                            | 45 |
|          | - Häufigkeitsverteilung der CK-Aktivität getrennt nach Halothangruppen                       | 47 |
| 2.3.3.   | Leistungsniveau der Tiere                                                                    | 47 |
| 2.3.3.1. | Mast- und Schlachtleistung sowie Handelsklassen                                              | 47 |
| 2.3.3.2. | Fleischbeschaffenheit und Fleischbeschaffheitsklassen                                        | 48 |

|          |                                                                                                           |    |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.4.   | Zusammenhänge zwischen Blutgruppenmarkern, Halo-<br>thanreaktion, CK-Aktivität und Leistungen             | 50 |
| 2.3.4.1. | Zusammenhang der Blutpolymorphismen                                                                       | 50 |
|          | - mit der Mast- und Schlachtleistung und der<br>Häufigkeitsverteilung der Handelsklassen                  | 50 |
|          | - mit der Fleischbeschaffenheit und der Häufig-<br>keitsverteilung der Fleischbeschaffenheits-<br>klassen | 55 |
| 2.3.4.2. | Zusammenhang der Halothanreaktion                                                                         | 70 |
|          | - mit der Mast- und Schlachtleistung und der<br>Häufigkeitsverteilung der Handelsklassen                  | 70 |
|          | - mit der Fleischbeschaffenheit und der Häufig-<br>keitsverteilung der Fleischbeschaffenheits-<br>klassen | 72 |
| 2.3.4.3. | Zusammenhang der CK-Aktivität                                                                             | 74 |
|          | - mit der Mast- und Schlachtleistung und der<br>Häufigkeitsverteilung der Handelsklassen                  | 74 |
|          | - mit der Fleischbeschaffenheit und der Häufig-<br>keitsverteilung der Fleischbeschaffenheits-<br>klassen | 74 |
| 2.3.4.4. | Zusammenhang der Halothanreaktion und CK-Akti-<br>vität                                                   | 78 |
|          | - mit der Mast- und Schlachtleistung                                                                      | 78 |
|          | - mit der Fleischbeschaffenheit                                                                           | 79 |
| 2.4.     | DISKUSSION                                                                                                | 81 |
| 2.4.1.   | Frequenzen und Häufigkeitsverteilung der Blutpa-<br>meter und Halothanreaktion sowie Leistungen           | 81 |
| 2.4.2.   | Beziehungen zwischen Blutmarkern und Leistungen                                                           | 84 |
| 2.4.3.   | Beziehungen zwischen Halothanreaktion und Lei-<br>stungen                                                 | 85 |
| 2.4.4.   | Beziehungen zwischen CK-Aktivität und Leistungen                                                          | 86 |
| 2.4.5.   | Schlußfolgerung                                                                                           | 86 |
| 3.       | ZUSAMMENFASSUNG                                                                                           | 88 |
| 4.       | SUMMARY                                                                                                   | 89 |
| 5.       | RESUME                                                                                                    | 90 |
| 6.       | LITERATURVERZEICHNIS                                                                                      | 91 |

# WICHTIGE VERWENDETE ABKÜRZUNGEN

|                 |                                                    |
|-----------------|----------------------------------------------------|
| ADA             | : Adenosindeaminase                                |
| ADP             | : Adenosindiphosphat                               |
| Am              | : Amylase                                          |
| AMP             | : Adenosinmonophosphat                             |
| ATP             | : Adosintriphosphat                                |
| CO <sub>2</sub> | : Kohlendioxid                                     |
| CK              | : Creatinkinase                                    |
| Cp              | : Ceruloplasmin                                    |
| DFD(-v.)        | : dark, firm, dry (DFD-verdächtiges Fleisch)       |
| DL              | : Deutsche Landrasse                               |
| ES              | : Schweizer Edelschwein                            |
| FV              | : Futterverwertung                                 |
| GOT             | : Glutamat-Oxalacetat-Transaminase                 |
| G-6-PD          | : Glukose-6-Phosphatdehydrogenase                  |
| GPT             | : Glutamat-Pyruvat-Transaminase                    |
| Hal(+)          | : halothanpositiv                                  |
| Hal(-)          | : halothannegativ                                  |
| Hpx             | : Hemopexin                                        |
| IE              | : Internationale Einheit                           |
| IMP             | : Inosinmonophosphat                               |
| LB              | : Deutsche Landrasse B                             |
| LDH             | : Laktat-Dehydrogenase                             |
| LSQ             | : 1) Lendenstärke Quotient, 2) Least Square        |
| MHS             | : Malignant Hyperthermia Syndrom                   |
| MPA             | : Mastprüfungsanstalt                              |
| MS-Tester       | : meat structure tester                            |
| n.s.            | : nicht signifiant                                 |
| °C              | : Grad Celcius                                     |
| P               | : Probabilität (Wahrscheinlichkeit)                |
| 6-PGD           | : 6-Phosphogluconatdehydrogenase                   |
| PGM             | : Phosphoglucomutase                               |
| PHI             | : Phosphohexoseisomerase                           |
| PSE(-v.)        | : pale, soft, exudative (PSE-verdächtiges Fleisch) |
| PSS             | : Porcine Stress Syndrom                           |
| QB              | : Quotient Speckmaß B                              |
| QL              | : Quotien Lende                                    |
| QR              | : Quotient Rippe                                   |
| R               | : Refraktometerwert                                |
| RM              | : Rückenmuskel (M.long. dorsi)                     |
| S               | : Schinken (Schinkenmuskulatur)                    |
| sign.           | : signifikant                                      |
| SLA             | : Schweineleukozytenantigen                        |
| Tf              | : Transferrin                                      |
| TZ              | : tägliche Zunahme (Tageszunahme oder Zunahme)     |
| Vol.%           | : Volumen-%                                        |
| VLS             | : Schweizer Veredeltes Landschwein                 |

## EINLEITUNG

Die Ziele der tierischen Erzeugung sind die Vermehrung und die Anpassung der Produktion an die Markttansprüche. In der Schweineerzeugung wurde vermehrtes Interesse der Fleischfülle entgegengebracht. Die Umwandlung vom fettreichen Schwein alter Zuchtichtung zum modernen Fleischschwein wurde das Ziel für die Schweinezüchtung. Die Verminderung der Resistenz der Tiere gegenüber den Umweltbedingungen, ersichtlich durch erhöhte Verluste während der Mast und beim Transport und Verschlechterung der Fleischbeschaffenheit, waren eine Nebenwirkung dieses Zuchterfolgs. Es wurden zahlreiche Untersuchungen an verschiedenen Schweinerassen durchgeführt, um die Problematik zu klären. Mögliche Zusammenhänge zwischen bestimmaren Markern und Leistungsmerkmalen beim Schwein wurden berücksichtigt und untersucht.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen Beitrag zur Klärung dieser Problematik zu leisten. Als Marker im Blut werden das H-Blutgruppensystem und die polymorphen Blutenzymsysteme PHI, 6-PGD und ADA einbezogen. Halothan- und CK-Test dienen als Hilfsmittel für den Nachweis der Streßanfälligkeit des Schweines. Um zu überprüfen, ob die Selektion auf Fleischfülle ohne Ansteigen der Verluste und ohne Verschlechterung der Fleischbeschaffenheit möglich ist, werden die Beziehungen dieser Marker zu Merkmalen der Mast- und Schlachtleistung sowie der Fleischbeschaffenheit in einer Population der DL-Schweine erörtert.

## 1. LITERATURÜBERSICHT

### 1.1. GENETISCHE BEZIEHUNGEN ZWISCHEN MERKMALEN

Neben den klassischen Mendelschen Gesetzen, die die freie Verteilung der Gene beschreiben, treten weitere Phänomene auf, die den aus einer Genkombination entstehenden Phänotyp beeinflussen können. Das sind unter anderem : Pleiotropie, Geninteraktion (Epistasie und komplementäre Polygenie), Dominanz, Genkopplung mit Faktorenaustausch, Additivität der Genwirkung sowie Modifikatorgene (GADOUD u. SURDEAU, 1975), multiple Allelie, plasmatische Vererbung sowie einige Anomalien (Chromosomen- und Genmutation).

Für die Erklärung der Beziehungen von Blutgruppen und anderen Polymorphismen zu Leistungseigenschaften werden vor allem die drei biologischen Modelle Pleiotropie, Heterosis und Kopplung diskutiert (ZWIAUER, 1980). Das Kopplungsungleichgewicht ändert sich im Laufe von Generationen und damit verringert sich die Bedeutung der Kopplung (BRASCAMP u. a., 1980; VÖGELI u. SCHWÖRER, 1982).

#### 1.1.1. Pleiotropie

Von Pleiotropie spricht man, wenn ein einzelnes Gen zwei oder mehrere von einander unabhängige Merkmale beeinflusst (GADOUD u. SURDEAU, 1975; SIMON, 1980b).

Der Nachweis pleiotroper Effekte erfolgt durch eine Gruppierung der Tiere aufgrund ihrer Markergenotypen und einen anschließenden Vergleich der durchschnittlichen Leistungsfähigkeit der einzelnen Gruppen (ZWIAUER, 1980).

#### 1.1.2. Heterosis

Heterosis wird definiert als Abweichung des Merkmalswertes eines F-1-Nachkommens vom Mittelwert der Eltern. An der Ausbildung von Heterosiseffekten tragen gleichzeitig mehrere genetische Mechanismen bei, wie Dominanz und Epistasie. Relativ bedeutsam ist die Art der betrachteten Merkmalskomplexe und des Ausgangsmaterials (Heterozygotiegrad). Bei vielen Merkmalen besonders mit geringer Heritabilität wie Fruchtbarkeit, Vitalität und Anpassungsfähigkeit steigt die durchschnittliche Populationsleistung mit dem Heterozygotiegrad (GADOUD u. SURDEAU, 1975; FEWSON, 1980). Die Schätzung des Heterosiseffektes erfolgt durch den Vergleich des Leistungsniveaus der F-1-Generation mit dem Mittelwert der Leistungen der Elterngeneration.

### 1.1.3. Genkopplung und Faktorenaustausch

Eine Kopplung zwischen Genen an verschiedenen Genorten entsteht, wenn ihre Loci auf demselben Chromosomenpaar liegen. Bei vollständiger Kopplung erweckt die phänotypische Verteilung den Eindruck, als ob diese Merkmale von einem einzelnen Allelpaar induziert worden wären (GADOUD u. SURDEAU, 1975). Der Faktorenaustausch (Crossing over) und die Neukombination führen fast immer zu Kopplungsbrüchen (GADOUD u. SURDEAU, 1975; SIMON, 1980b). Die Genkopplung beschränkt so die freie Kombinierbarkeit der Gene.

Eine Methode zur Untersuchung von Kopplungsbeziehungen wurde von HUTT (zit. n. GADOUD u. SURDEAU 1975) beschrieben und besteht in der Kreuzung eines Heterozygoten mit einem Doppelrezessiven. Diese Methode erfordert den Einsatz von relativ wenigen Tieren und erlaubt die Berechnung der Kombinationskoeffizienten zwischen den gekoppelten Genen.

Die Untersuchungsmethode von Kopplungsbeziehungen zwischen Markergenen und Leistungseigenschaften an Feldmaterial wurde von ZWIAUER (1980) dargestellt. Die Auswertung erfordert eine besondere Struktur des Untersuchungsmaterials. Die Elterntiere sollen bezüglich des Markergens heterozygot sein, so daß sie zwei verschiedene Gameten bilden und ihre Nachkommen sich in zwei Gruppen teilen, je nachdem, welches der beiden homologen Chromosomen sie erhalten haben (A/., B/.). Wenn Kopplungsbeziehungen zwischen dem Markerlocus und der Leistungseigenschaft vorliegen, erwartet man eine Leistungsdifferenz zwischen Nachkommen mit dem paternalen Allel 1 (A) und Allel 2 (B). Auf der

Abbildung 1: Schematische Darstellung von Kopplungsbeziehungen zwischen Markergenen und Leistungsgenen (ZWIAUER, 1980)

|                         |                                                                            |      |                                                                            |      |                           |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------|
|                         | Vater 1                                                                    |      | Vater 2                                                                    |      |                           |
| Markergenotyp           | AB                                                                         |      | AB                                                                         |      |                           |
| Chromosomen             | $\begin{array}{c} A \quad B \\    \quad    \\ +100 \quad -100 \end{array}$ |      | $\begin{array}{c} A \quad B \\    \quad    \\ -100 \quad +100 \end{array}$ |      | Markergen<br>Leistungsgen |
| Nachkommen              | $\begin{array}{c} A \quad B \\    \quad    \\ +100 \quad -100 \end{array}$ |      | $\begin{array}{c} A \quad B \\    \quad    \\ -100 \quad +100 \end{array}$ |      |                           |
| durchschnittl. Leistung | +100                                                                       | -100 | -100                                                                       | +100 |                           |
| Leistungsdiff. (A-B)    | +200                                                                       |      | -200                                                                       |      |                           |

Abbildung 1 soll verdeutlicht werden, ob bei den einzelnen Vätern A oder B mit einem leistungssteigernden Allel das Leistungsgen gekoppelt ist. Chromosomen zweier Väter mit Kopplungsgruppe Marker und Leistungsgen sind schematisch dargestellt. Markerallel A ist beim Vater 1 mit einem leistungssteigernden Polygen (+100) gekoppelt, während es beim Vater 2 mit dem leistungserniedrigenden (-100) gekoppelt ist. Im Gegensatz dazu ist das Allel B beim Vater 1 mit dem leistungserniedrigenden Polygen (-100) und beim Vater 2 mit dem leistungssteigernden (+100) gekoppelt. Eine enge Kopplung dieser Gene bedingt, daß beim Vater 1 die Nachkommen mit Gen A eine Durchschnittsleistung von +100 erbringen, während diejenigen mit Gen B eine Durchschnittsleistung von -100 zeigen. Die Leistungsdifferenz (A-B) ergibt beim Vater 1 +200. Beim Vater 2 verhalten sich die Leistungen umgekehrt. Die Analysen von Kopplungsbeziehungen sind innerhalb von Vaternachkommenschaften durchzuführen, da sich sonst die Leistungsdifferenz aufgrund des unterschiedlichen Vorzeichens aufheben würde.

Um Kopplungseffekte von Pleiotropie zu trennen, ist es notwendig, daß bei mindestens zwei Vätern Leistungsdifferenzen mit unterschiedlichen Vorzeichen gefunden werden. Neben dem Markergen müssen auch die betreffenden Leistungsgene in heterozygotem Zustand vorliegen, damit die Kopplungsbeziehungen nachgewiesen werden können, da sonst keine Unterschiede zwischen den beiden Nachkommengruppen zu erwarten sind.

Diese Methode erfordert an einer Reinzuchtpopulation mit mittleren Genfrequenzen der Marker- und Leistungsgene sehr große Tierzahlen, um Kopplungsbeziehungen nachweisen zu können.

Bei den Kreuzungen zwischen zwei Populationen mit stark unterschiedlichen Genfrequenzen qualitativer und quantitativer Eigenschaften kann die Schätzung der Kopplungseffekte entweder an einer Rückkreuzung oder an F-2-Tieren durchgeführt werden.

## 1.2. GENMARKER BEIM SCHWEIN

Im Gegensatz zu qualitativen Merkmalen werden quantitative Merkmale durch zahlreiche Gene beeinflußt. Gleichzeitig spielen Umwelteinflüsse und Stoffwechselvorgänge eine Rolle. Die Leistungen stehen somit in Verbindung mit verschiedenen Faktoren (u.a. Hormone, Enzyme), obwohl deren Einfluß oft nur sehr gering ist (ANDRESEN u.a., 1980; GELDERMANN, 1980).

Zu diesen biochemischen Faktoren gehören die Marker und ihre Anwesenheit kann als Hilfsmittel zur Untersuchung bestimmter Besonderheiten der Leistungsmerkmale bei Tieren dienen. Biochemische Marker sind kodominant und haben monogenen Erbgang. Sie lassen sich z.T. mit relativ einfachen Methoden nachweisen. Sie sind weitgehend unabhängig von Umwelteinflüssen und dem Entwicklungsstadium der Tiere (MEYER, 1980; VÖGELI u. GERWIG, 1980). Man unterteilt sie in zwei Gruppen: Biochemische und immunologische Polymorphismen. Biochemische Polymorphismen werden häufig mit

Hilfe der Elektrophorese untersucht und immunologische anhand ihrer Immunantwort nachgewiesen (GELDERMANN, 1980).

Beim Schwein werden in die Untersuchungen Blutgruppen-, Serumproteinsysteme und Enzypolymorphismen einbezogen.

### 1.2.1. Blutgruppensysteme

Die Blutgruppen bei Menschen und Tieren sind im allgemeinen Eigenschaften, die an die roten Blutkörperchen gebunden sind. Blutgruppen sind bestimmte durch ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften charakterisierte Substanzen, die an der Oberfläche von Blutzellen sowie in Ausscheidungen bestimmter Körperzellen nachweisbar sind. Chemisch handelt es sich bei den Blutgruppen um kompliziert aufgebaute Eiweiß-Kohlenhydratverbindungen. Der Nachweis von Blutgruppen ist nur mit Hilfe serologischer Verfahren durchzuführen, die auf einer Antigen-Antikörper-Reaktion in Form von Zusammenballung (Agglutination) der Blutzellen oder auf einer Auflösung der roten Blutkörperchen (Hämolyse) beruhen. Jeder Blutgruppenfaktor ist ein Genprodukt. Die Blutgruppenfaktoren setzen sich zu Phänogruppen zusammen, die komplex von den Elterntieren auf die Nachkommen vererbt werden. Die bei einem Tier nachgewiesenen Blutgruppenfaktoren aus allen Blutgruppensystemen werden als Bluttyp dieses Tieres bezeichnet.

Beim Schwein wurden 15 Blutgruppensysteme nachgewiesen (MEYER, 1980).

Das Anwendungsgebiet der Blutgruppenbestimmung in der Praxis liegt vor allem in der Identitätskontrolle und dem Abstammungsnachweis.

In der heutigen Schweineproduktion werden routinemäßig nur einige Blutgruppensysteme untersucht (H, S, A-O). Es gibt noch wenige Ergebnisse über das Leukozytenantigen (SLA), das nach FRANCESCHI und OLLIVIER (1980) möglicherweise eine Rolle in der Krankheitsanfälligkeit spielt. Derartige Zusammenhänge wurden jedoch von ANDRESEN und JENSEN (1980) bestritten, während die Autoren die Zusammenhänge zwischen SLA-Haplotypen und Fortpflanzungsfähigkeit annehmen (ANDRESEN, 1980c). SLA wird auch als Histokompatibilitätssystem beim Schwein bezeichnet (ANDRESEN u. JENSEN, 1980). Sein Locus besitzt einen hohen Polymorphiegrad und einige Allele sind spezifisch für bestimmte Rassen (FRANCESCHI u. OLLIVIER, 1980). Es ist mit dem J- und C-Blutgruppensystem gekoppelt (ANDRESEN u. JENSEN, 1980). Nach FRIES u. a. (1982) wird das System wahrscheinlich von drei eng gekoppelten Loci kontrolliert.

Tabelle 1. Blutgruppen des Schweines (MEYER, 1980)

| Systeme! | Faktoren                                                                | ! Allele                                                                                                                                                                                                                 | ! Anzahl<br>! Allele |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| A        | ! A (Ac, Ap) O                                                          | ! A <sup>a</sup> , a <sup>o</sup>                                                                                                                                                                                        | ! 2                  |
| B        | ! Ba, Bb                                                                | ! B <sup>a</sup> , B <sup>ab</sup> , B <sup>b</sup>                                                                                                                                                                      | ! 3                  |
| C        | ! Ca                                                                    | ! C <sup>a</sup> , C <sup>-</sup>                                                                                                                                                                                        | ! 2                  |
| D        | ! Da, Db                                                                | ! D <sup>a</sup> , D <sup>ab</sup> , D <sup>b</sup>                                                                                                                                                                      | ! 3                  |
| E        | ! Ea, Eb, Ed, Ee,<br>! Ef, Eg, Eh, Ei,<br>! Ej, El, Em, En,<br>! Eo, Ep | ! E <sup>bcd</sup> , E <sup>edgh</sup> , E <sup>aeg</sup> ,<br>! E <sup>bdf</sup> , E <sup>aef</sup> , E <sup>eg</sup> ,<br>! E <sup>aegi</sup> , E <sup>aegil</sup> ,<br>! E <sup>aegl</sup> , E <sup>edghj</sup> , ... | ! 11                 |
| F        | ! Fa, Fb (Fc)                                                           | ! F <sup>a</sup> , F <sup>ab</sup> , F <sup>b</sup>                                                                                                                                                                      | ! 3                  |
| G        | ! Ga, Gb                                                                | ! G <sup>a</sup> , G <sup>ab</sup> , G <sup>b</sup>                                                                                                                                                                      | ! 3                  |
| H        | ! Ha, Hb, Hc, Hd<br>!                                                   | ! H <sup>a</sup> , H <sup>b</sup> , H <sup>ab</sup> , H <sup>c</sup> ,<br>! H <sup>-</sup>                                                                                                                               | ! 5 *)               |
| I        | ! Ia, Ib                                                                | ! I <sup>a</sup> , I <sup>ab</sup> , I <sup>b</sup>                                                                                                                                                                      | ! 3                  |
| J        | ! Ja, Jb                                                                | ! J <sup>a</sup> , J <sup>ab</sup> , J <sup>b</sup>                                                                                                                                                                      | ! 3                  |
| K        | ! Ka, Kb, Kc, Kd,<br>! Ke, (Kf)                                         | ! K <sup>ace</sup> , K <sup>ade</sup> , K <sup>ac</sup> ,<br>! K <sup>b</sup> , K <sup>-</sup>                                                                                                                           | ! 5                  |
| L        | ! La, Lb, Lc, Ld,<br>! Lf, Lg, Lh, Li,<br>! Lj, Lk, Ll                  | ! L <sup>adhi</sup> , L <sup>bcdgi</sup> ,<br>! L <sup>bdfi</sup> , L <sup>adghjk</sup> ,<br>! L <sup>adghjl</sup> , L <sup>agi</sup>                                                                                    | ! 6                  |
| M        | ! Ma, Mb, Mc, Md,<br>! Mf, Mg (Mh, Mi, Mj)<br>!                         | ! M <sup>ae</sup> , M <sup>b</sup> , M <sup>c</sup> , M <sup>d</sup> ,<br>! M <sup>aeb</sup> , M <sup>bc</sup> , M <sup>cd</sup> ,<br>! M <sup>ef</sup> , M <sup>-</sup>                                                 | ! 9                  |
| N        | ! Na, Nb, Nc                                                            | ! N <sup>a</sup> , N <sup>b</sup> , N <sup>bc</sup>                                                                                                                                                                      | ! 3                  |
| O        | ! Oa, Ob                                                                | ! O <sup>a</sup> , O <sup>ab</sup> , O <sup>b</sup>                                                                                                                                                                      | ! 3                  |

\*) 7 Allele (FRANCESCHI u. OLLIVIER, 1980; VÖGELI u. SCHWÖRER, 1982), d.h. u.a. H<sup>cd</sup> statt H<sup>c</sup>, H<sup>bd</sup> und H<sup>be</sup>.

### 1.2.2. Enzym- und Serumproteinsysteme

Einige Enzyme und Serumproteine bilden beim Schwein genetische kodominante Polymorphismen. Sie können durch Stärkegel-Elektrophorese ermittelt werden (KUBEK u. DINKLAGE, 1971; SCHWÖRER, 1982).

Tabelle 2. Polymorphe Enzym- und Serumproteinsysteme beim Schwein

| Systeme                                  | ! Allele (Faktoren)                                      | ! Anzahl<br>! Allele |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------|
| Phosphohexoseisomerase (PHI)             | ! PHI <sup>A</sup> , PHI <sup>B</sup>                    | ! 2                  |
| 6-Phosphogluconatedehydrogenase (6-PGD)  | ! PGD <sup>A</sup> , PDG <sup>B</sup>                    | ! 2                  |
| Adenosindeaminase (ADA)                  | ! ADA <sup>A</sup> , ADA <sup>B</sup> , ADA <sup>O</sup> | ! 3                  |
| Serumamylase (Am)                        | ! Am <sup>1,2,3</sup>                                    | ! 3                  |
| Phosphoglucomutase PGM)                  | ! PGM <sup>A</sup> , PGM <sup>B</sup>                    | ! 2                  |
| Glukose-6-Phosphatdehydrogenase (G-6-PD) | ! A, B,                                                  | ! 2                  |
| Transferrin (Tf)                         | ! Tf <sup>1,2...6</sup>                                  | ! 6                  |
| Hemopexin (Hpx)                          | ! Hpx <sup>1,2...7</sup>                                 | ! 7                  |
| Präalbumin                               | ! Pa <sup>A</sup> , Pa <sup>B</sup>                      | ! 2                  |
| Ceruloplasmin (Cp)                       | ! -                                                      | ! -                  |

Die drei wichtigsten zur Verfügung stehenden Enzyme sind Erythrozytensysteme (PHI, 6-PGD, ADA). Während PHI und 6-PGD nur 2 Allele haben, besitzt ADA ein drittes Allel (ADA<sup>O</sup>), das als "stummes" Allel auftritt (WIDAR u. ANSAY, 1975; FRANCESCHI u. OLLIVIER, 1980). Dabei zeigen ADA-oo-Tiere keine ADA-Aktivität in ihren Erythrozyten (VÖGELI u. a., 1982a). Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die Genfrequenzen dieser Systeme in Schweinerassen.

Bei dem Allel A (Am<sup>1</sup>) von Am vermutet man eine positive und bei dem Allel B (Am<sup>2</sup>) eine negative Auswirkung auf die Farbe des Fleisches (WEGNER u. a., 1970).

Der Tf-Locus wird für die Anfälligkeit an E-coli (K<sub>88</sub>) Infektionen vermutet, er ist aber sicher mit einem Letalfaktor gekoppelt. Der Hpx-Locus ist mit dem K-Blutgruppenlocus gekoppelt (ANDRESEN u. JENSEN, 1980). Bei Edelschweineebenen wurde in Österreich nachgewiesen, daß heterozygote Tiere für die Präalbumine besser in Merkmalen Futterverwertung, Rückenspeckdicke und Schinkenansatz sind als homozygote. Der Einfluß ist abhängig von der Rasse und dem Geschlecht (EBERMANN u. a., 1973).

Tabelle 3. Genfrequenzen für die Allele  $H^a$ ,  $PHI^B$ ,  $PGD^B$ ,  $ADA^A$ ,  $ADA^B$  und  $ADA^O$  in verschiedenen Schweine-  
rassen

| Rassen          | $H^a$ | $PHI^B$ | $PGD^B$ | ADA   |       |       | Autoren                                      |
|-----------------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|----------------------------------------------|
|                 |       | B       | B       | A     | B     | O     |                                              |
| Duroc           | !.89! | !       | !       | !     | !     | !     | !z.n.FRANCESCHI u.OLLI-<br>!VIER,1980 = 1    |
| Duroc           | !.61! | !       | !       | !     | !     | !     | !z.n.RASMUSEN,1983 = 2<br>!RASMUSEN,1983 = 3 |
| Large White     | !     | !       | !       | !     | !     | !     | !                                            |
| Französisch     | !.58! | !.18!   | !       | !     | !     | !     | !GUERIN u.a.,1980 = 4                        |
| Dänisch         | !.13! | !.36!   | !.59!   | !.85! | !.00! | !.15! | 1                                            |
| Süd-Afrik.      | !     | !.36!   | !       | !     | !     | !     | 1                                            |
| Yorkshire       | !.32! | !       | !       | !     | !     | !     | 2                                            |
|                 | !.42! | !.77!   | !.48!   | !     | !     | !     | 3                                            |
| Hampshire       | !.32! | !.97!   | !.13!   | !     | !     | !     | 3                                            |
| Pietrain        | !     | !       | !       | !     | !     | !     | !                                            |
| Belgisch        | !     | !.96!   | !.17!   | !.89! | !.00! | !.11! | 1                                            |
| Deutsch         | !.62! | !       | !       | !     | !     | !     | 1                                            |
| Französ. A      | !     | !.73!   | !.21!   | !     | !     | !     | 1                                            |
| B               | !     | !.85!   | !       | !     | !     | !     | 2                                            |
| Landrasse       | !     | !       | !       | !     | !     | !     | !                                            |
| Belgisch        | !     | !.99!   | !       | !     | !     | !     | !JÖRGENSEN u.a.,1976a=5                      |
|                 | !.70! | !.97!   | !.58!   | !.66! | !.02! | !.32! | 1                                            |
|                 | !     | !.97!   | !.62!   | !     | !     | !     | 4                                            |
|                 | !.90! | !       | !       | !     | !     | !     | 2                                            |
| Dänisch         | !     | !.78!   | !       | !     | !     | !     | 5                                            |
|                 | !     | !.89!   | !       | !     | !     | !     | !ANDRESEN u.a.,1980 = 6                      |
|                 | !.23! | !.86!   | !.45!   | !.62! | !.12! | !.26! | 1                                            |
|                 | !     | !.77!   | !       | !     | !     | !     | 2                                            |
| Deutsch(DL)     | !     | !.51!   | !       | !     | !     | !     | !KUBECK u.DINKLAGE,1971<br>= 7               |
|                 | !.70! | !.10!   | !.82!   | !     | !     | !     | !MEYER u.a.,1978 = 8                         |
|                 | !.55! | !.51!   | !.44!   | !     | !     | !     | 1                                            |
| Finnisch        | !.38! | !.87!   | !       | !     | !     | !     | !SCHULMAN,1980 = 9                           |
| Französisch     | !     | !.78!   | !.56!   | !     | !     | !     | 4                                            |
| Holländisch     | !.80! | !       | !       | !     | !     | !     | 5                                            |
|                 | !.59! | !       | !       | !     | !     | !     | 2                                            |
| Norwegisch      | !.38! | !.92!   | !       | !     | !     | !     | 9                                            |
| Schweizer.      | !.37! | !.72!   | !.48!   | !.63! | !.17! | !.20! | !SCHWÖRER,1982 = 10                          |
|                 | !     | !.73!   | !       | !     | !     | !     | !VÖGELI u.a.,1982b,c =11                     |
| Linie 1         | !.60! | !.92!   | !.38!   | !.54! | !.00! | !.46! | !VÖGELI u.a.,1983 = 12                       |
| Linie 2         | !.57! | !.79!   | !.36!   | !.46! | !.38! | !.16! | 12                                           |
| Schweizer       | !     | !       | !       | !     | !     | !     | !                                            |
| Edelschwein     | !.38! | !.49!   | !.40!   | !.41! | !.07! | !.52! | 10                                           |
| Göttinger       | !     | !       | !       | !     | !     | !     | !                                            |
| Miniaturschwein | !     | !.34!   | !       | !     | !     | !     | 7                                            |

### 1.3. STRESSANFÄLLIGKEIT BEIM SCHWEIN

#### 1.3.1. Problematik

Die heutige Zucht des modernen Fleischschweines ist so ausgerichtet, daß das Schwein in sich die Vorzüge hoher Mastleistung und günstiger Schlachtkörperzusammensetzung vereinigen soll (RICHTER u.a., 1973; KALLWEIT, 1979; SCHMITTEN u.a., 1981a).

Mit der Zucht auf hohe Fleischfülle hat sich die Belastbarkeit des Schweines vermindert und die Fleischbeschaffenheit verschlechtert. Die Anfälligkeit gegen die Umweltbelastung äußert sich durch höhere Verluste bei der Intensivmast, dem Transport, den Rankämpfen, dem Deckakt, dem Abferkeln. In Verbindung damit sind auch zu nennen das Porcine Stress Syndrom (PSS), Malignant Hyperthermia Syndrom (MHS), akute Rückenmuskelnekrose, plötzlicher Herztod, PSE-(pale, soft, exudative = weiß, weich, wäßrig) und DFD-(dark, firm, dry = dunkel, fest, trocken) Fleisch (RICHTER u.a., 1973; ANDRESEN u. JENSEN 1977; EIKELENBOOM u. MINKEMA, 1978; SCHEPERS u. SCHMITTEN 1978; WEBB u. JORDAN, 1978; KALLWEIT, 1979; BAUMGARTNER u.a., 1980; KOVACH, 1980; SCHULMAN, 1980; BLENDL u.a., 1981; KALLWEIT u. GROENWELD, 1981a; SCHMITTEN u.a., 1981a; SCHMITTEN, 1982). Alle diese Phänomene beruhen auf Stoffwechselstörungen der Muskulatur und wurden als "Belastungsmyopathie" zusammengefaßt. Die klassischen Erscheinungen der Belastungsmyopathie sind starke unregelmäßige Atemfrequenz, starke Erwärmung und Rötung bzw. Zyanose der Haut, Muskelkrämpfe, hochgradiger Temperaturanstieg (Rektaltemperatur) auf 42-43°C und Azidose. In ausgeprägten Fällen kann rascher Eintritt des Todes durch einen totalen Kollaps mit sofortiger Totenstarre erfolgen. Der Tierkadaver weist PSE-Fleisch auf.

#### 1.3.2. Ursachen, patho-physiologische und genetische Grundlagen

Als Ursache der Belastungsmyopathie sind alle Faktoren (Stressoren) anzuführen, die das Wohlbefinden des Tieres beeinträchtigen. Sie können physikalisch, psychisch, klimatisch und pharmakologisch sein (FRASER, 1978; SCHULMAN, 1980; HENNING, 1982). Aktivitäten im Stall, Transport- und Schlachtprozeß gehören auch zu den Stressoren (BLENDL u.a., 1981).

Viele physiologische Systeme wurden zur Aufklärung der Entstehung der Belastungsmyopathie untersucht. Aufgrund der engen Verzahnung und der zahlreichen Wechselwirkungen zwischen diesen physiologischen Systemen haben isolierte Betrachtungen der Ursachen von Stressanfälligkeit einen geringen Wert. Kausalzusammenhänge werden wesentlich in Funktionsstörungen in den komplexen Regelkreisen des endokrinen Systems, des Herz-Kreislauf- und Sauerstofftransportsystems, dem Säuren-Basen-Haushalt, der Thermoregulation und des Muskel- bzw. Energiestoffwechsels gesucht (KOLB, 1979; SCHMITTEN u.a., 1981a; SÖNNICHSEN u.a., 1981; AUGUSTINI, 1983; FABER u.a., 1983).

Eine mögliche Ursache für die Entstehung der Belastungsmyopathie scheint nach der Meinung vieler Forscher die Insuffizienz des oxydativen Energiestoffwechsels der Muskulatur zu sein. Ein vermindertes Potential an energiereichen Phosphaten und eine damit einhergehende stärkere Heranziehung der anaeroben Glykolyse zur ATP-Restitution im Muskel kennzeichnen diesen Vorgang in einer prämortalen Stoffwechsellaage (BICKHARDT u.a., 1975; SOMMERS u.a., 1976; SCHEPERS u. SCHMITTEN, 1978; BLENDL u.a., 1981; SCHMITTEN u.a., 1981a).

Beim Fleischschwein können die großen Enzymmengen im Muskel durch einen Stressor das Glykogen schlagartig zur schwer umsetzbaren Milchsäure abbauen, so daß diese vermehrt ins Blut übertritt. Die so hervorgerufene Azidose hat Auswirkungen auf Herz und Kreislauffunktionen und auf die physiologische Thermoregulation und beinhaltet die Gefahr einer malignen Hyperthermie und eines tödlichen kardiogenen Schocks (JUDGE u.a., 1973; BICKHARDT, 1974 u. 1979; BLENDL u.a., 1981). Mit der Veränderung der Permeabilität von Zellmembranen geht eine Freisetzung von Muskel- bzw. Fettgewebeenzymen in den Extracellularraum und in den Blutstrom einher (RICHTER u.a., 1973; BERGMANN, 1979; KALLWEIT, 1979; SCHMITTEN u.a., 1981a).

Nicht alle Fleischschweine sind streßanfällig. Die nicht anfälligen werden als streßresistent bezeichnet. Sie können sich bei erhöhter Milchsäureproduktion nach starker Belastung erholen und ihren Muskelstoffwechsel auf aerobe Energiegewinnung umstellen. Der Insuffizienz des oxydativen Energiestoffwechsels liegt eine erbliche Disposition zugrunde. Die Streßanfälligkeit ist weitgehend vom Halothan-Locus kontrolliert (MINKEMA u.a., 1976; SMITH u. BAMPTON, 1977; WEBB, 1980b; VÖGELI u.a., 1982b).

### 1.3.3. Nachweis der Streßanfälligkeit

Die Reproduzierbarkeit der Belastungsmyopathie durch verschiedene Streßsituationen und die Betrachtung der störenden Stoffwechselprodukte im Muskel und Blut bieten eine Möglichkeit zur Diagnose dieser Veranlagung am lebenden Tier. Die Untersuchung ungünstiger umweltbedingter Einflüsse und die Entwicklung quantitativer Methoden zur Erfassung der Belastungsanfälligkeit für die züchterische Verbesserung der Belastungsresistenz und der Fleischbeschaffenheit können, nach der Ansicht von RICHTER u.a. (1973), die Streßprobleme bewältigen.

Die Auslösung der Belastungsmyopathie durch verschiedene Drogen wie Halothan, Chloroform, Äthylchlorid-Trichloräthan und der Nachweis einiger muskelspezifischer Enzyme im Blut der anfälligen Tiere während der Streßbelastung und der Veränderungen in Muskelzellen haben zur Entwicklung des Halothan- und Creatinkinase(CK)-Testes für den Nachweis der Streßanfälligkeit beim Schwein geführt (BICKHARDT, 1970 u. 1979; EIKELENBOOM u. SYBESMA, 1974; SMITH u. BAMPTON, 1977; EIKELENBOOM u. MINKEMA, 1978; SCHEPERS u. SCHMITTEN, 1978; SÖNNICHSEN u. ERNST, 1978; RICHTER, 1979; SCHWÖRER u. BLUM, 1979; PETRI u.a., 1980; WEBB, 1980b; KALLWEIT u.a., 1981; HENNING, 1982; FISCHER, 1983; SCHMIDT, 1983).

Die Untersuchung auf Blutpolymorphismen, die genetische und phänotypische Beziehungen zur Halothanreaktion oder zum CK-Test aufweisen, bietet eine weitere Möglichkeit der Diagnose der Streßanfälligkeit beim lebenden Schwein (SCHWÖRER u. BLUM, 1983).

### 1.3.3.1. Halothan-Test

Halothan ist ein Narkotikum, das in der Anästhesie verwendet wird. Dabei wird Halothan gasförmig im Gemisch mit Sauerstoff im Verhältnis von 0,5-1,5 Vol.% inhaliert. Es wirkt kaum analgetisch. Schmerzfreiheit wird erst bei Ausschaltung des Bewußtseins erreicht. Die Einleitungsphase ist sehr kurz aufgrund seiner geringen Löslichkeit im Blut und seiner hohen Lipidaffinität. Nach der Narkose wird das Bewußtsein in kurzer Zeit (5-10 Min.) wiedererlangt (HENNING, 1982). Manchmal kann eine atemdepressive Wirkung des Halothans erfolgen.

Als Stressor kann der Halothantest ohne Schwierigkeiten in der Praxis verwendet werden (SCHNEIDER u.a., 1979; BAUMGARTNER u.a., 1980; SCHMITTEN u.a., 1981a; ENSINGER u.a., 1982). Das Geschlecht übt keinen Einfluß auf den Test aus (BLENDL u.a., 1981). Für die gute Handhabung des Tieres und die günstigere Beurteilung der Reaktion wird er am besten im jungen Alter des Tieres durchgeführt. Nach MONIN u.a. (1976), EIKELENBOOM und MINKEMA (1978), WEBB und JORDAN (1978), IMLAH (1980) und WEBB (1980b), liegt das günstigste Alter unterschiedlich zwischen 3 und 12 Wochen.

Es werden vier verschiedene Systeme von Narkoseapparaturen (geschlossenes, halbgeschlossenes-, halboffenes und offenes System) verwendet (HENNING, 1982). Für den Halothantest wird überwiegend das halbgeschlossene System benutzt.

Die Konzentration des Halothans im Sauerstoff variiert nach verschiedenen Autoren um 3-5 Vol.%. Einige benutzen eine kontinuierliche Konzentration von 3-5% Halothan, während andere mit 4-8% Halothan den Test beginnen und langsam auf 1-3% reduzieren. Die maximale Atmungsdauer variiert auch zwischen 3 und 5 Minuten (MINKEMA u.a. 1976; McLOUGHLIN u. MOTHERSILL, 1976; OLLIVIER u.a., 1976; SOMMER u.a., 1976; EIKELENBOOM u.a., 1978; SCHMIDT u.a., 1978; WEBB u. JORDAN, 1978; SCHWÖRER u. BLUM, 1978 u. 1979; KALLWEIT, 1980b; KOVACH, 1980; RASMUSEN u.a., 1980; SIMON, 1980a; BLENDL u.a., 1981; HANSET u.a., 1983; WIEGAND u.a., 1983; WILLEKE u.a., 1984).

Die Halothanreaktion äußert sich bei halothanempfindlichen Schweinen in einer Verkrampfung der Skelettmuskulatur mit einem Dauertonus, besonders an den muskelreichen Regionen, wobei sich eine Form von "rigor mortis in vivo" entwickelt. Andere Zeichen der Belastungsmypathie können zwar beobachtet werden, sie sind doch für den praktischen Test von geringer Bedeutung (BLENDL u.a., 1981). Die Schweine, die dieses MHS innerhalb der vorgegebenen Testdauer zeigen, werden halothanpositiv (Hal+) genannt. Die anderen bleiben völlig entspannt und zeigen keine Verkrampfung der Muskulatur während des Tests. Sie sind halothannegativ (Hal-) oder streßresistent. Die positive Halothanreaktion ent-

spricht dem Defekt der Mitochondrienfunktion und der geringeren Mitochondrienanzahl bei steigendem Fleischanteil und verursacht eine oxydative Stoffwechselinsuffizienz (SCHEPERS u. SCHMITTEN, 1978).

Haltung, Klima, Halothankonzentration und Narkosesystem können das Ergebnis des Halothantestes beeinflussen. So können erhöhte Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Flatdecks, klimatische Veränderungen oder psychische Erregungen als zusätzliche Stressoren wirken (SCHMIDT u.a., 1978; KALLWEIT u.a., 1980 u. 1981c).

Die Rate der Fehldiagnose scheint bei 5% zu liegen (WEBB u. JORDAN, 1978). Die Wiederholbarkeit des Tests liegt bei 98% (WEBB u. SMITH, 1976; SCHWÖRER u. BLUM, 1978; SCHMITTEN u. SCHEPERS, 1978; KALLWEIT u.a., 1980; SCHMITTEN u.a., 1981a,b).

Die Halothanreaktion wird von dem Halothanlocus (Hal-Locus) gesteuert und autosomal monofaktoriell rezessiv vererbt (MINKEMA u.a., 1976; SMITH u. BAMPTON, 1977; EIKELENBOOM u. MINKEMA, 1978; EIKELENBOOM et al., 1978; WEBB u. JORDAN, 1978; JENSEN u. ANDRESEN, 1980; SCHNEIDER u.a., 1980; SMITH u. WEBB, 1980; WEBB, 1980b; KALLWEIT, 1981a). Der Halothanlocus verfügt über zwei Allele N und n, wobei das Allel Hal<sup>N</sup> dominant und Hal<sup>n</sup> rezessiv ist. Die Tiere mit dem Genotyp Hal-NN oder Hal-Nn sind halothanresistent oder halothannegativ, d.h. sie zeigen keine Reaktion auf Halothan. Der Genotyp Hal-nn induziert bei Tieren eine positive Reaktion auf Halothan (Halothanempfindlichkeit) und die Tiere werden als halothanpositiv bezeichnet (ANDRESEN u. JENSEN, 1977; ANDRESEN, 1979a,b,c; ANDRESEN u.a., 1980).

Die Penetranz des Allels Hal<sup>n</sup> variiert nach Rassen. Sie ist sehr hoch bis vollständig (OLLIVIER u.a., 1976; ANDRESEN u. JENSEN, 1977; SMITH u. BAMPTON, 1977; WEBB u. JORDAN, 1978; ANDRESEN u.a., 1980 u. 1981a; SIMON, 1980a). Nach WEBB (zit. n. HANSET u.a., 1983) wird die Penetranz vom Alter und Gewicht beeinflusst, so daß sich das Gen bis zu 8 Wochen kaum ausdrückt. Diese Unvollständigkeit der Penetranz vom nn-Typ und die nicht 100%-ige Wiederholbarkeit der Halothanreaktion erschweren die genaue Identifikation der Individuen und der anderen genetischen Phänomene an diesem Locus (RASMUSEN u.a., 1980; VÖGELI u.a., 1983).

Wie aus Tabelle 4 sichtbar ist, weisen Schweinerassen, sogar Teilpopulationen einer Rasse große Unterschiede in der Streßempfindlichkeit auf. Da eine strenge Standardisierung des Halothantests und ein Korrektursystem der Halothanreaktion fehlen, ist der Anteil der positiven Halothanreaktivität bei verschiedenen Rassen derzeit nur bedingt vergleichbar. Um die Streßanfälligkeit verschiedener Schweinerassen und -populationen zu beurteilen, müßten die Testverfahren vergleichbar gemacht werden.

Tabelle 4. Übersicht der Halothanempfindlichkeit in verschiedenen Schweinerassen

| Rassen                | n     | Hal+<br>% | Autoren                       |
|-----------------------|-------|-----------|-------------------------------|
| Duroc                 | 105!  | 0         | EIKELENBOOM u. MINKEMA, 1978  |
|                       | 85!   | 0         | WEBB u. SMITH, 1976           |
|                       | 99!   | 0         | BAUMGARTNER u. a., 1980       |
| Large White           | 180!  | 0         | OLLIVIER u. a., 1976          |
|                       | 764!  | 0         | WEBB, 1980a                   |
| Yorkshire             | - !   | 3.7!      | EIKELENBOOM u. a., 1976; 1978 |
|                       | - !   | 0         | WEBB u. JORDAN, 1978          |
|                       | 97!   | 0         | EIKELENBOOM u. MINKEMA, 1978  |
| Hampshire             | 108!  | 1.9!      | EIKELENBOOM u. MINKEMA, 1978  |
|                       | 11!   | 0         | SCHWÖRER u. BLUM, 1978        |
|                       | 66!   | 0         | WEBB u. SMITH, 1976           |
|                       | - !   | 0.9!      | WEBB u. JORDAN, 1978          |
| Belg. Pietrain        | 808!  | 90.9!     | HANSET u. a., 1983            |
| Deutsch. Pietrain     | 260!  | 87.2!     | SÖNNICHSEN u. a., 1980        |
| Franz. Pietrain A     | 180!  | 34        | OLLIVIER u. a., 1976          |
| B                     | 127!  | 47        | OLLIVIER u. a., 1976          |
| Holländ. Pietrain     | 101!  | 94.1!     | EIKELENBOOM u. a., 1978       |
| Österr. Pietrain      | 559!  | 69.6!     | BAUMGARTNER u. a., 1980       |
| Belg. Landrasse       | 35!   | 80        | JÖRGENSEN u. a., 1976b        |
|                       | 85!   | 55        | OLLIVIER u. a., 1976          |
|                       | 144!  | 84        | GUERIN u. a., 1980            |
| Brit. Landrasse       | 1538! | 11        | WEBB, 1980a                   |
| Dänische Landrasse    | 268!  | 9.3!      | JÖRGENSEN u. a., 1976b        |
| Deut. Landrasse (DL)  | 565!  | 70        | SCHMITTEN u. SCHEPERS, 1978   |
|                       | - !   | 55-74!    | KALLWEIT, 1979a               |
|                       | 1351! | 78.7!     | MATZKE u. a., 1984            |
|                       | 2011! | 50        | WILLEKE u. a., 1984           |
| in DDR:               | - !   | 10        | KOLB, 1979                    |
| Linie 1               | 974!  | 18        | WIEGAND u. a., 1983           |
| Linie 2               | 1142! | 10        | WIEGAND u. a., 1983           |
| Deut. Landras. B (LB) | 449!  | 80.2!     | SÖNNICHSEN u. a., 1980        |
|                       | 285!  | 87        | SCHMITTEN u. a., 1981b        |
| Finnische Landrasse   | - !   | 12.4!     | SCHULMAN, 1980                |
| Franz. Landrasse      | 127!  | 17        | GUERIN u. a., 1980            |
| Holländ. Landrasse    | - !   | 24.9!     | EIKELENBOOM u. a., 1980a      |
| Irische Landrasse     | 443!  | 4.6!      | McLOUGHLIN u. a., 1980        |
| Norweg. Landrasse     | 157!  | 4.5!      | WEBB u. SMITH, 1976           |
|                       | - !   | 3.2!      | SCHULMAN, 1980                |
| Österr. Landrasse     | 1238! | 37.9!     | BAUMGARTNER u. a., 1980       |
|                       | 814!  | 44.2!     | STUR u. a., 1983              |
| Schweiz. Landr. (VLS) | 825!  | 23.2!     | SCHWÖRER u. BLUM, 1978        |
|                       | 1567! | 23.2!     | SCHWÖRER u. a., 1980          |
| Schw. Edelschw. (ES)  | 1130! | 6.1!      | SCHWÖRER u. BLUM, 1978        |
|                       | 2680! | 3.4!      | SCHWÖRER u. a., 1980          |

### 1.3.3.2. Creatin-Kinase(CK)-Test

Wie schon erwähnt wurde, treten bei Streßmyopathien große Mengen Enzyme ins Blut aus, ein Hinweis einer Verletzung von Muskelzellen, d.h. Veränderungen der Permeabilität der Zellmembranen (BICKHARDT, 1970 u. 1979; LISTER u.a., 1976; FISCHER, 1982). Im Blut kann dann eine Erhöhung der herzmuskelspezifischen Glutamat-Oxalacetat-Transaminase (GOT) und der leberspezifischen Glutamat-Pyruvat-Transaminase (GPT) festgestellt werden. Hinzu kommt die Laktat-Dehydrogenase (LDH), mit einer erhöhten Aktivität bei Hal(+)-Tieren (HENNING, 1982) und bei PSE-Fleisch (USUNOV u. ZOLOVA, 1974).

Trotz ihrer Muskelspezifität ist die Creatinkinase (CK) auch im Ruhezustand in geringer Konzentration im Blutserum nachweisbar, wohin sie abgegeben und abgebaut wird (BICKHARDT, 1979; KALLWEIT 1981; SCHWÖRER, 1982). Bei streßempfindlichen Tieren steigt in Belastungssituationen ihre Aktivität überdurchschnittlich an. Sie dient daher als Parameter zum Nachweis von Streßempfindlichkeit beim Schwein durch erhöhte Werte (BICKHARDT, 1970 u. 1979). Gegenüber anderen Enzymtests wird ihr das größte Interesse entgegengebracht (ADDIS u.a., 1974; SCHULMAN, 1980; SCHMITTEN u.a., 1981a).

Damit die Ergebnisse des CK-Tests interpretierbar werden, muß eine Standardisierung des Zeitabstandes und des Belastungsverfahrens erfolgen (KALLWEIT, 1979).

Für den CK-Test werden zwei Belastungsarten verwendet, standardisiertes Treiben und eine medikamentöse Behandlung. Das Treiben der Tiere erfolgt meist durch eine Laufbelastung (100-1100 m) oder Be-, Entladen bzw. LKW-Transport. Vierundzwanzig Stunden danach (HWANG u.a., 1977 : 8 Stunden) wird Blut für die Messung der CK-Aktivität entnommen (RICHTER u.a., 1973; ALLEN u.a., 1976; LAMPO, 1976; RICHTER, 1979; KALLWEIT, 1981b; SCHMITTEN u.a., 1981a,b).

Nach BICKHARDT und RICHTER (1980) werden die Tiere zur medikamentösen Belastung bei einem Gewicht von 60 bis 100 kg mit "Myostress" behandelt, das, intramuskulär oder subcutan gespritzt, zu einer etwa einstündigen Erregung des motorischen Systems führt. Myostress ist eine Kombination von Neostigminbromid und Atropinum sulfuricum. Die Dosis von 1 ml (4 mg Neostigmin und 4 mg Atropinum in 1 ml Lösung) ist optimal. Die Gewinnung des Blutes erfolgt 24 Stunden nach der Injektion entweder durch Punktion der vena cava cranialis oder durch Inzision einer Ohrvene. Zu diesem Zeitpunkt fallen bei normalen Tieren die Werte bereits deutlich ab. Die Gewinnung des Blutes durch Inzision der Ohrvene ist leichter, da ein großer Tropfen Blut zur CK-Aktivitätsbestimmung genügt (u.a. HWANG u.a., 1977). Die einmalige Gewinnung genügt für die Bestimmung (ADDIS u.a., 1974; BEERMANN u.a., 1975).

BICKHARDT und RICHTER (1980) sind der Ansicht, daß der CK-Test mit Myostress als ausreichend standardisiert angesehen werden kann und das Ergebnis als Selektionsmerkmal zur Erkennung von Belastungsmyopathie beim Schwein angewendet werden kann.

Die empfindlichste und genaueste Methode zur Analyse ist nach BICKHARDT und RICHTER (1980) die Rückwärtsreaktion mit N-Acetyl-Cystein als Aktivator. Sie finden (u.a. LAMPO, 1976; RICHTER, 1979), daß die CK-Aktivität in einer Population einer logarithmischen Normalverteilung folgt. Schweine mit normalem Muskelgewebe zeigen CK-Werte zwischen 100 und 2000, bei streßanfälligen Myopathieschweinen werden Werte zwischen 3000 und 10000 IE(U/l, CK aktiviert) im Blutserum gefunden (BICKHARDT, 1979).

Die von SCHWÖRER und BLUM (1978) und SCHMITTEN u.a. (1981a,b) durchgeführten Untersuchungen bei jungen und alten Tieren haben gezeigt, daß eine frühe diagnostische Untersuchung der Streßanfälligkeit anhand der CK-Analyse recht fraglich scheint. Dies wird auf die unterschiedliche Ausbildung der Muskulatur in verschiedenen Gewichts und Alterstadien zurückgeführt (BLENDL u.a. 1984). Der CK-Test sollte nur bei Schweinen über 60 kg angewandt werden.

Die CK-Aktivität ist unabhängig vom Geschlecht der Tiere. Rasse, Gewicht unter 60 kg, Gesundheitszustand, Belastung und CK-Bestimmung können das Ergebnis des CK-Tests beeinflussen. Blutentnahmestress, Fütterung, Haltung und Geschlecht besitzen keinen Effekt auf die CK-Werte (SÖNNICHSEN u. ERNST, 1978; BICKHARDT, 1979). Gute Ergebnisse sind nur durch eine standardisierte Belastung unter möglichst gleichen Umweltbedingungen möglich.

#### 1.3.3.3. Beziehungen zwischen Halothan- und CK-Test

Bei der Untersuchung auf CK-Aktivität nach dem Halothantest fand HENNING (1982) beträchtlich höhere Werte bei Hal(+)-Tieren gegenüber den Hal(-). Dieselben Beziehungen werden auch zwischen dem am jungen Alter erfahrenen Halothantest und dem am Mastende durchgeführten CK-Test gefunden (McLOUGHLIN u. MOTHERSILL, 1976; SCHWÖRER u. BLUM, 1978; Lengerken u.a., 1979; VÖGELI u. GERWIG, 1980; FISCHER, 1982; SCHWÖRER, 1982). Dagegen ist eine sehr große Variabilität der CK-Aktivität innerhalb der Halothanreaktionsgruppen zu beobachten und erschwert die Festlegung der Selektionsgrenzen im Zuchtprogramm (SCHULMAN, 1980; HENNING, 1982). Der CK-Test hat den Vorzug, bei erwachsenen Tieren z.B. Ebern anwendbar zu sein. Diese Beziehung zwischen Halothan- und CK-Test scheint nicht für alle Rassen zuzutreffen (VÖGELI u. GERWIG, 1980; SCHWÖRER, 1982).

Der CK-Test wird benutzt, um die letzten Zweifel über die Aussagefähigkeit des Halothantests auszuräumen und zusätzliche Informationen und Entscheidungshilfen zu erhalten (KALLWEIT u. GROENEWELD, 1981b; SCHMIDT, 1983). Beide Tests schaffen die Grundlage für die Selektion auf streßresistente und muskelgesunde Tiere sowie auf bessere Fleischbeschaffenheit aber nach ENSINGER u.a. (1982) und ROGDAKIS u.a. (1982) nicht bei allen Populationen.

#### 1.4. LEISTUNGSEIGENSCHAFTEN BEIM SCHWEIN

Fruchtbarkeit und Aufzucht, Mastleistung und Schlachtkörperwert (WENIGER, 1980b) sowie Fleischbeschaffenheit sind wichtige Leistungseigenschaften beim Schwein.

##### 1.4.1. Mast- und Schlachtleistung

Zur Feststellung der Mastleistung werden die Schweine soweit wie möglich gleichen Umweltbedingungen unterworfen. Die Merkmale der Mastleistung sind die tägliche Zunahme (TZ), die Futterwertung (FV) und das Alter bei Mastende im Prüfungsabschnitt von 30-100 kg Lebendgewicht. Die Schlachtleistung umfaßt das Fleisch-Fett-Verhältnis, den Anteil wertvoller Teilstücke sowie die Fleischbeschaffenheit. Die Bestimmung ihrer Parameter erfolgt nach WENIGER u.a. (1980b), BLENDL (1982) und nach den "Richtlinien für die Stationsprüfung auf Mastleistung und Schlachtkörperwert beim Schwein" (Stand Januar 1982).

Weitere Hilfsmerkmale zur Schätzung des Fleischanteils sind die von BLENDL und HUSSLEIN (1980) dargestellten Speck-Muskel-Quotienten. Es handelt sich um den Quotienten Speckmaß B (QB), Rippe (QR), Lende (QL) und den Lendenstärke-Quotienten (LSQ). Die Quotienten haben eine sehr hohe Beziehung zum Fleischanteil mit einer Korrelation von z.B.  $r = 0.89$  bzw.  $0.80$  für LSQ zum Anteil wertvoller Fleischteilstücke bzw. täglichen Ansatz an wertvollen Fleischteilstücken. Der QB ist das sicherste Maß für die Abschätzung der Fleischfülle und es ergibt sich folgende Reihung: QB - LSQ - QR - QL.

Die Schlachtkörperzusammensetzung wird von der Umwelt und dem Körpergewicht des Tieres beeinflusst (KALLWEIT, 1978), was durch statistische Korrekturen ausgeschaltet werden muß.

##### 1.4.2. Fleischbeschaffenheit

Die Fleischbeschaffenheit ist das Ergebnis der ablaufenden biochemischen Prozesse vor und nach der Schlachtung bzw. dem Tode des Tieres. Umfangreiche chemisch-physikalische Umsetzungsvorgänge laufen ab wie von HILDEBRANDT (1974) und BLENDL (1982) beschrieben. Unmittelbar nach der Schlachtung häuft sich  $\text{CO}_2$

kurzfristig im Muskelgewebe an. Das Glykogen wird anaerob über die Glykolyse in Laktat und Wasserstoffionen umgewandelt. Zunächst bleibt der Gehalt an energiereichem Adenosintriphosphat (ATP) relativ konstant und erst bei Erschöpfung der Glykogenreserven nimmt er ab. Über Adenosindiphosphat (ADP) und Adenosinmonophosphat (AMP) unter Abspaltung von Ammoniak entsteht Inosinmonophosphat (IMP) aus dem Abbau des ATP-Gehalts. IMP wird anschließend langsam zu Inosin und Hypoxanthin abgebaut. Diese biochemischen postmortalen Vorgänge können 12 bis 24 Stunden dauern. Sie sind eng mit dem pH-Wert im Fleisch korreliert, so daß letzterer eine hinreichend genaue Aussage über den Verlauf der postmortalen Glykogenolyse zuläßt (SCHEPER, 1982). Durch die

Säurebildung im Fleisch tritt eine allmähliche Senkung des pH-Wertes von anfänglich 7 (pH-Wert des lebenden Muskels) bis zu Werten zwischen pH = 5 und pH = 6 auf. Das Niveau und die Geschwindigkeit dieser Senkung des pH-Wertes ist von der Menge des vorhandenen Glykogens und vor allem der Intensität der Glykogenolyse abhängig. D.h. eine beschleunigte Glykogenolyse bedingt gleich nach der Schlachtung einen raschen pH-Abfall, bei der verlangsamen Glykogenolyse findet dagegen nur ein geringer pH-Abfall statt (RISTIC,1982).

Als Fleischbeschaffenheitsmangel tritt PSE- bzw. DFD-Fleisch auf. Das PSE-Fleisch entsteht, wenn der Muskelstoffwechsel zur Zeit der Schlachtung auf anaerobe Energiegewinnung eingestellt ist, was zur Folge hat, daß der pH-Wert nach dem Tode extrem rasch abfällt. Beim DFD-Fleisch sind die Glykogenvorräte zu dieser Zeit weitgehend erschöpft und somit bleibt die erwünschte Fleischsäuerung aus (HILDEBRANDT,1974; BLENDL u.PUFF, 1979; KALLWEIT, 1980a; AUGUSTINI,1982 u.1983).

Es besteht ein Zusammenhang zwischen Belastungsempfindlichkeit und Fleischbeschaffenheit. Die streßempfindlichen Tiere weisen einen größeren Teil an PSE- bzw. DFD-Fleisch als die streßresistenten auf. Außerhalb der erblichen Disposition der Tiere für Fleischbeschaffenheitsmängel werden die beiden Phänomene vor allem von der unsachgemäßen Behandlung vor dem Schlachten beim Schwein verursacht (BLENDL u.a.,1981; SCHMITTEN u.a.,1981b).

Die artspezifische Ursache einer PSE-Entwicklung beim Schwein wird auf die schwache, lockere Anordnung der Muskelzellen bei dieser Tierart zurückgeführt (SCHULMAN,1980). Nach BENTLER (zit.n. SCHULMAN,1980) ergibt sich die Disposition für die PSE-Fleischentwicklung beim Schwein aus einer niedrigen ATP-Aktivität bei pH = 6.7. Die anderen Nutztierarten besitzen einen wirksameren aeroben Stoffwechsel.

Es besteht nicht nur eine große Variabilität der Fleischbeschaffenheit zwischen Tieren, sondern auch zwischen verschiedenen Teilstücken eines Schlachtkörpers, sogar innerhalb eines Muskels. Diese Unterschiede können selbst noch innerhalb der Querschnittsfläche festgestellt werden (KALLWEIT,1978). Um die Fleischbeschaffenheit möglichst objektiv bestimmen zu können, werden verschiedene Hilfsmerkmale herangezogen. Zu den physikalischen Meßverfahren gehören pH-Wert, Farbe bzw. Farbhelligkeit, Safthaltevermögen (Wasserbindungsvermögen), Gewichtsverlust, Konsistenz und Zartheit. Sie stehen nicht in so straffer Beziehung zueinander wie die biochemischen Daten (SCHEPER,1982).

Die pH-Wert-Messung findet in der ersten Stunde (45-60 Min.) ( $\text{pH}_1$ ) und 24 Stunden ( $\text{pH}_{24}$ ) nach dem Schlachten im M. long. dorsi zwischen der 13. und 14. Rippe bzw. M. semimembranosus in der Schinkenmuskulatur statt (KALLWEIT,1978; BLENDL,1982). Der pH-Wert weist auf die Variation des postmortalen Ablaufs des Stoffwechsels im Muskel hin und gibt zunächst Anhaltspunkte über das Auftreten von PSE- und Verdacht auf DFD-Fleisch (SÖNNICHSEN u.a.,1981).

In der ersten Stunde ist der pH-Wert für normales Fleisch größer als  $\text{pH} = 5.8$  (KALLWEIT, 1978; BLENDL, 1982) oder mindestens  $\text{pH} = 6.0$  (SCHWÖRER u. BLUM, 1983). Werte unter 5.6 weisen auf PSE-Fleisch hin. Jedoch kann anhand des  $\text{pH}_1$ -Wertes normales Fleisch noch nicht von DFD-Fleisch unterschieden werden. Der pH-Wert des normalen Fleisches sinkt allmählich und liegt 24 Stunden nach dem Schlachten ( $\text{pH}_{24}$ ) zwischen  $\text{pH} = 5.4$  und  $\text{pH} = 5.6$  (KALLWEIT, 1978) oder am niedrigsten bei  $\text{pH} = 5.2$  (FEWSON u. a., 1983), während beim DFD-Fleisch der pH-Wert immer bei mindestens  $\text{pH} = 6.0$  (KALLWEIT, 1978; SCHULMAN, 1980; BLENDL, 1982) oder 30 Stunden später ( $\text{pH}_{30}$ ) bei mindestens  $\text{pH} = 6.2$  liegt

(SCHWÖRER u. BLUM, 1983). SCHEPER (1982) stellt fest, daß der pH-Wert ein Beurteilungskriterium darstellt, das wünschenswert und in hohem Maße problemlos sowie reproduzierbar ist und zeit- und kostengünstig die biochemischen und physikalischen Parameter erfaßt. Die Zeitabhängigkeit der Messung ist jedoch als Nachteil anzusehen.

In Deutschland wird die Farbhelligkeit des Fleisch mit dem Göttinger Farb-Helligkeitsmesser (Göfo) erfaßt an den gleichen Meßstellen wie bei der pH-Messung eine Stunde ( $\text{Göfo}_1$ ) sowie 24 Stunden ( $\text{Göfo}_{24}$ ) nach dem Schlachten (RICHTER u. a., 1973;

BLENDL, 1982; RISTIC, 1982). Die Skala reicht von 1 (sehr hell) bis 100 (sehr dunkel). Das PSE-Fleisch hat Göfo-Werte bis 40 und DFD-Fleisch liegt etwa bei 80 (BLENDL, 1982). Das Optimum liegt zwischen 50 und 70 Punkten. Die Aussage der Farbhelligkeit ist weniger sicher als die des pH-Wertes aber dafür weitgehend zeitunabhängiger (SCHEPER, 1982).

Das Safthalte- bzw. Wasserbindungsvermögen wird definiert als die Fähigkeit des Fleisches, unter allen Umwelteinflüssen (Zerkleinerung, Temperatur) den Fleischsaft, d.h. die flüssige Phase des Muskeleiweißes, mehr oder weniger stark festzuhalten. Das Wasserbindungsvermögen wird mit der Filterpapier-Preßmethode ermittelt (GRAU u. HAMM, 1952). Die Ergebnisse werden als %-Anteil locker gebundenes Wasser der ausgetretenen Flüssigkeitsfläche angegeben. Andere Bestimmungsmethoden für das Wasserbindungsvermögen sind die Quell- und Zentrifugiermethode, Feststellung der Koch- und Bratverluste sowie der elektrischen Leitfähigkeit (KALLWEIT, 1982; RISTIC, 1982). SCHULMAN (1980) hat erfolglos versucht, das Wasserbindungsvermögen am lebenden Tier zu bestimmen. Die dabei entnommenen Proben enthielten aufgrund ihrer geringen Menge viele technischen Fehler.

Die Konsistenz bzw. Zähigkeit des Fleisches ist objektiv schwer meßbar (KALLWEIT, 1978). Es gibt dafür einige Instrumente, mit deren Hilfe die Scherwerte (d.h. die Kraft, die erforderlich ist, um eine standardisierte Probe durchzudrücken) gemessen werden können. Instron-Gerät (HORVATH u. a., 1984) und Penetrometer (KLETTNER, 1983) werden für die Messung benutzt. Hohe Werte weisen auf ein festeres Fleisch hin. Das Rigormeter erlaubt eine Aussage über die Struktur des Fleisches, wenn die Messung an der gekühlten Schlachthälfte erfolgt. Eine lose Struktur, wie sie beim PSE-Fleisch zu finden ist, wird von den niedrigen Werten charakterisiert. Es gestattet kurz nach der Schlachtung

den Eintritt des Rigor mortis im Muskel zu messen. Skaleneinheiten reichen nach RISTIC (1982) von 1 (weich) bis 15 mm (fest).

Zur Bestimmung des Refraktometerwertes (R-Wert) wird die Lichtdurchlässigkeit von Muskelfleisch bei 250 bzw. 260 nm ( $R_{250}$  bzw.  $R_{260}$ ) mittels des Spektralfotometers ermittelt (BLENDL, 1982). Der R-Wert ist somit der Quotient  $R_{250}/R_{260}$ .

Die Zartheitsbestimmung erfolgt mittels der Warner-Bratzler-Schere (BLENDL, 1982; RISTIC, 1982) und vergleichbare Ergebnisse werden mit dem Instron-Gerät erzielt (RISTIC, 1982).

Andere Kriterien der Fleischbeschaffenheit wie histologische Untersuchungen, Farbstabilität, Messungen der Koch- und Bratverluste, Quellung, organoleptische Parameter oder Nährstoffgehalt des Fleisches werden nicht regelmäßig untersucht.

Der pH-Wert, der auch von verschiedenen Umweltbedingungen beeinflusst werden kann (SMITH u. WILSON, 1978), nimmt die zentrale Stellung für die Ausprägung und Kennzeichnung der Fleischbeschaffenheit ein. Die Abnahme des pH-Wertes geht mit zunehmender Helligkeit als Folge der Proteindenaturierung und verringertem Safthaltevermögen (Wässerigkeit) und schlechterer Konsistenz einher (USUNOV u. ZOLOVA, 1974; LISTER u. a., 1976; EIKELENBOOM u. MINKEMA, 1978; KALLWEIT, 1978 u. 1980a; BLENDL, 1982; STAUN u. JENSEN, 1982; FABER u. a., 1983; AUGUSTINI, 1983).

Die Tabelle 5 von LOHSE modifiziert nach KALLWEIT (1978) gibt einen Überblick über einige Beziehungen zwischen verschiedenen Kriterien der Fleischbeschaffenheit.

Tabelle 5. Korrelationen zwischen verschiedenen Merkmalen der Fleischbeschaffenheit (n = 125)

| ! Merkmale                       | ! 1      | ! 2      | ! 3      | ! 4      | ! 5      | ! 6 | !        |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----|----------|
| ! 1. Helligkeit                  | !        | !        | !        | !        | !        | !   | !        |
| ! (Fahellpho-Wert)               | ! -      | !        | !        | !        | !        | !   | !        |
| ! 2. pH-Wert                     | ! -.737! | !        | !        | !        | !        | !   | !        |
| ! 3. Lock. geb. H <sub>2</sub> O | ! +.739! | ! -.640! | ! -      | !        | !        | !   | !        |
| ! 4. Fleischfläche               | !        | !        | !        | !        | !        | !   | !        |
| ! (Preßproben)                   | ! -.814! | ! -      | ! -.802! | ! -      | !        | !   | !        |
| ! 5. Konsistenz                  | ! +.506! | ! -      | ! -      | ! -.574! | !        | !   | !        |
| ! 6. Kochverlust                 | ! +.499! | ! -      | ! -      | !        | ! +.556! | !   | !        |
| ! 7. Quellung                    | ! -.731! | ! +.837! | ! -      | !        | !        | !   | ! -.725! |
| !                                | !        | !        | !        | !        | !        | !   | !        |

SCHMITTEN u. a. (1981a) diskutieren ein Verfahren der Bonitierung der Fleischbeschaffenheit (1-10 Punkte) 24 Stunden nach dem Schlachten. Dieses Verfahren stützt sich auf eine Kombination von Helligkeit, Wässerigkeit, Oberflächenstruktur und Festigkeit des Fleisches durch eine Fingertastprobe.

Um die Genauigkeit der Zuchtwertschätzung für die Fleischbeschaffenheit zu erhöhen, können die Merkmale in einem Fleisch-

beschaffenheitsindex zusammengefaßt werden. FEWSON u.a.(1983) und der Ausschuß der DGfZ (1984) schlagen die Verwendung von  $pH_1$  und  $pH_{24}$  im Kotelett und Schinken vor, wobei die Wichtungsfaktoren aus verschiedenen Diskriminanzanalysen entnommen wurden. GOLDSCH u.a.(1982) hatten die Kombination der Merkmale Göfo,  $pH_1$  im Schinken,  $pH_1$  und  $pH_{24}$  im Kotelett unter Berücksichtigung der optimalen Werte untersucht.

Der dielektrische Verlustfaktor 'd' mißt das Muskelzellmembranerzernstörungsniveau im Muskel nach dem Schlachten und weist direkt auf normales oder PSE-Fleisch hin. Das MS-Tester (meat structure tester)-Gerät wird zur Bestimmung dieses Verlustfaktors eingesetzt. Der d-Wert steht in hoch signifikanten Beziehungen mit Fleischfülle (LSQ) und Fleischbeschaffenheitsmerkmalen ( $pH_1$ , locker gebundenes Wasser). Die Messung erfolgt vorteilhafter, schneller, einfacher und ohne strenge Bindung an den Zeitpunkt nach der Schlachtung (KLEIBEL u.a.,1983). Die Überlegenheit der technischen Zuverlässigkeit und der Genauigkeit dieser Leitfähigkeitsmessung zu  $pH_1$ -Messung wurde von SCHEPERS u.a.(1983) bestätigt. Nach Untersuchungen an der BLT Grub (MATZKE u.a.,1984) waren die Messung eine Stunde post mortem unbefriedigend. Die Korrelation zwischen  $pH_1$  und der Messung mit dem MS-Tester war nach 24 Stunden deutlich und betrug 0.71.

#### 1.5. BEZIEHUNGEN ZWISCHEN MARKERN UND LEISTUNGSMERKMALEN

Es wurde schon erwähnt, daß einige Blutgruppen- und Enzymsysteme eine Rolle als Marker in der Schweineproduktion spielen, d. h. als Hilfsmerkmale für Leistungseigenschaften dienen. Dies kann nur möglich sein, wenn Beziehungen zwischen diesen Markern und den Leistungen bestehen. Ihre Bedeutung ist abhängig von der Art und Stärke dieser Beziehungen.

##### 1.5.1. Beziehungen zwischen verschiedenen Genmarkern

Die öfter untersuchten Blutsysteme (H, S, PHI und 6-PGD) weisen beim Schwein durch ihre Kopplung auf dem 15.Chromosom eine enge Beziehung untereinander auf (ANDRESEN,1980a,c; FRANCESCHI u. OLLIVIER,1980; GUERIN u.a.,1980; RASMUSEN u.a.,1980; IMLAH, 1982; VÖGELI u.a.,1982b).

Die Rekombinationsfrequenz zwischen dem H- und PHI-System beträgt 2.6% (ANDRESEN, 1970a) und zwischen dem H- und 6-PGD-System 3.4% (ANDRESEN,1970b) bei Duroc und Dänischer Landrasse. Der Abstand zwischen PHI- und H-Locus beträgt 2 Centi-Morgan (ANDRESEN u.a.,1980).

### 1.5.2. Beziehungen zwischen Blutgruppen und Streßanfälligkeit

Die Streßresistenz bzw. Streßanfälligkeit ist wahrscheinlich durch Polygenie gesteuert und scheint keine direkte Beziehung zu den Markern zu haben. Eine indirekte Beziehung kann jedoch zur Erkennung einer Streßdisposition beim Schwein herangezogen werden.

Die Loci H, S, PHI, 6-PGD und Hal sind eng gekoppelt (ANDRESEN 1979b, 1980b u. 1981; ANDRESEN u. JENSEN, 1980; GUERIN u. a., 1980; IMLAH, 1980 u. 1982; RASMUSEN u. a., 1980; ANDRESEN u. a., 1981b). Die 3 Loci PHI, Hal und H besetzen den chromosomalen Abschnitt von etwa 2-3 Rekombinationseinheiten (ANDRESEN, 1979c). In dieser Region des 15. Chromosoms wird die Reihenfolge der bisher bekannten Loci folgendermaßen beschrieben: G - PHI - Hal - S - H - 6-PGD (VÖGELI u. a., 1982b). Der Hal-Locus scheint, 2-3 Centi-Morgan vom H-Locus entfernt zu sein (JÖRGENSEN, 1978; ANDRESEN, 1980c). Die berechneten statistisch signifikanten Kopplungsungleichgewichtskoeffizienten (D) sind in Tabelle 6 aufgezeigt. So ist der S-Locus am engsten an den Hal-Locus gekoppelt und die Kopplung beträgt fast die maximale Höhe von 0.92. Eine ziemlich hohe Kombinationsrate wird von VÖGELI u. a. (1982a)

Tabelle 6. Kopplungsungleichgewichtskoeffizienten der Blutmarker und Halothanreaktion

| Locus 1 | Locus 2 | D-Wert | Autoren                     |
|---------|---------|--------|-----------------------------|
| H       | Hal     | -.0988 | VÖGELI u. SCHWÖRER(1982) =1 |
|         |         | -.0850 | SCHWÖRER, 1982 =2           |
|         |         | -.1270 | VÖGELI u. a., (1983) =3     |
|         | PHI     | -.0752 | 1                           |
|         |         | -.0694 | 2                           |
|         |         | -.0465 | 3                           |
| PHI     | Hal     | .0614  | 1                           |
|         |         | .0583  | 2                           |
|         |         | .0500  | 3                           |
| Hal     | S       | .1336  | 3                           |

zwischen Hal- und H-Locus angegeben. Die Kopplungsbeziehungen variieren nach Rassen (GUERIN u. a., 1980).

Bestimmte Blutgruppenfaktoren im H-Blutgruppensystem und Allele von Enzymsystemen (z.B. PHI) treten häufiger bei halothanpositiven Tieren auf als bei Halothannegativen (KALLWEIT, 1979a).

Dieser Zusammenhang wurde mehrmals zwischen Allelen  $H^a$ ,  $S^s$ ,  $A^o$ ,  $PHI^B$  und  $Hal^n$  nachgewiesen (ANDRESEN, 1979b; VÖGELI u. GERWIG 1980; ANDRESEN u. a., 1981b, VÖGELI u. SCHWÖRER, 1982; VÖGELI u. a., 1982c u. 1983). Tiere ohne diese Faktoren hatten nur selten eine positive Halothanreaktion. Der ADA-oo-Typ wurde ebenfalls in Verbindung mit halothanpositiver Reaktion gefunden (VÖGELI u. a., 1982a).

Es besteht keine andere Beziehung zwischen Blutmarkern und der Halothanreaktion außerhalb der Kopplungseffekte (FRANCESCHI u. OLLIVIER, 1980).

### 1.5.3. Beziehungen zwischen verschiedenen Leistungen beim Schwein

Die Tabelle 7 zeigt die Verschlechterung der Fleischbeschaffenheit durch die Umstellung von Fettschwein zum Fleischschwein.

Tabelle 7. Übersicht der Beziehungen zwischen Leistungsmerkmalen beim Schwein

| Merkmal 1   | Merkmal 2     | Beziehung             | Autoren                 |
|-------------|---------------|-----------------------|-------------------------|
| Täg. Zunah. | !Rückenspeck  | !r=.17                | !RICHTER u.a., 1973     |
|             | !Fleischbesch | !negativ              | !KALLWEIT, 1980a        |
| Muskelflä-  | !             | !                     | !                       |
| che         | !Göfo         | !r=-.56               | !RICHTER u.a., 1973     |
|             | !             | !r <sub>g</sub> =-.30 | !BLENDL u. PUFF, 1979   |
|             | !             | !r=-.23               | !RICHTER, 1979          |
|             | !             | !r=-.13               | !KALLWEIT, 1980a        |
|             | !             | !r=-.53               | !SCHMITTEN u.a., 1981d  |
|             | !Transmission | !r <sub>g</sub> =.88  | !SCHMITTEN u.a., 1981d  |
|             | !Fleischbe-   | !                     | !                       |
|             | !schaf.-Index | !negativ              | !GOLSCH u.a., 1982      |
| Fleisch-%   | !Fleischbesch | !                     | !                       |
|             | !(pH u. Göfo) | !sign. neg.           | !EIKELÉNBOOM u.a., 1974 |
|             | !             | !r=-.3 bis -.5        | !PEDERSEN, 1978         |
|             | !             | !negativ              | !KALLWEIT, 1980a        |
|             | !             | !gering u. neg.       | !SCHWÖRER u.a., 1980    |
|             | !pH           | !r <sub>p</sub> =-.28 | !RICHTER u.a., 1973     |
|             | !Göfo         | !r <sub>p</sub> =-.23 | !RICHTER u.a., 1973     |
| Fettfläche  | !Transmission | !r <sub>g</sub> =-.73 | !SCHMITTEN u.a., 1981d  |
|             | !Göfo         | !r=.06                | !KALLWEIT, 1980a        |
| Fl/Ft-Ver-  | !             | !                     | !                       |
| hältnis     | !pH           | !r <sub>p</sub> =.32  | !RICHTER u.a., 1973     |
|             | !Göfo         | !r <sub>p</sub> =.26  | !RICHTER u.a., 1973     |
|             | !             | !r <sub>p</sub> =.20  | !BLENDL u. PUFF, 1979   |
|             | !             | !r <sub>g</sub> =.25  | !BLENDL u. PUFF, 1979   |
|             | !             | !r=.12                | !KALLWEIT, 1980a        |
| Rücken-     | !             | !                     | !                       |
| speck       | !pH           | !r <sub>p</sub> =.14  | !KALLWEIT, 1980a        |
|             | !Göfo         | !r <sub>p</sub> =.06  | !KALLWEIT, 1980a        |
|             | !Transmis-    | !                     | !                       |
|             | !sionswert    | !r <sub>g</sub> =-.48 | !SCHMITTEN u.a., 1981d  |
| Speckmaß B  | !Transmis-    | !                     | !                       |
|             | !sionswert    | !r <sub>g</sub> =-.83 | !SCHMITTEN u.a., 1981d  |
| Muskelfül-  | !             | !                     | !                       |
| le          | !PSE          | !sign. pos.           | !KLEIBEL u.a., 1983     |
|             | !             | !                     | !MATZKE u.a., 1984      |

sign. = signifikant

Die Merkmale der Mast- und Schlachtleistung stehen in unterschiedlich enger Beziehung zu den Fleischbeschaffenheitsmerkmalen. Der Unterschied besteht aufgrund verschiedener Untersuchungsbedingungen wie Rassen und Meßverfahren. Die Tageszunahme ist leicht mit dem Rückenspeck korreliert und günstigere Merkmale des Schlachtkörpers (Fleischanteil, Fleischfläche) kommen mit schlechteren Werten der Fleischbeschaffenheitsparameter vor. Diese Beziehungen sind jedoch nicht sehr hoch, so daß man auch Tiere finden kann, die alle beiden Leistungen in ausreichender Höhe besitzen (SCWÖRER u.a., 1980; SCHWÖRER u. BLUM, 1983).

#### 1.5.4. Beziehungen zwischen Genmarkern, Halothanreaktion, CK-Aktivität (logCK-Werte) und Leistungen

Aufgrund der erwiesenen genetischen engen Kopplung zwischen den Blutpolymorphismen (H-, PHI- und 6-PGD-System) und der Halothanreaktion und des Zusammenhangs zwischen Halothanreaktion und CK-Aktivität werden die Beziehungen aller dieser Faktoren zu Leistungseigenschaften untersucht. Die Resultate der angegebenen Autoren wurden bei unterschiedlichen Untersuchungsbedingungen und Rassen erzielt, doch geben die Ergebnisse Hinweise auf die Zusammenhänge der Mast- und Schlachtleistung zu den Markern, der Halothanreaktion oder der CK-Aktivität, wobei diese Parameter am lebenden Tier erfaßt werden können.

##### 1.5.4.1. Mastleistung

Die Beziehungen zwischen täglicher Zunahme bzw. Mastleistung und Markern bzw. Streßstatus beim Schwein sind nach Tabelle 8 entweder schwach oder fehlen.

Tabelle 8. Beziehungen zwischen Markern, Halothanreaktion und CK-Aktivität und Mastleistung

| Systeme  | Merkmale           | Beziehung    | Autoren                      |
|----------|--------------------|--------------|------------------------------|
| 6-PGD    | Mastleistung       | negativ      | MAILÄNDER u. MÜLLER, 1984    |
| Halothan | Tägl. Zunahme      | n.s.         | VÖGELI u.a., 1982a,c         |
|          |                    |              | BRASCAMP u.a., 1980          |
|          |                    |              | KOVACH, 1980                 |
|          |                    | sign. pos.   | SCHMITTEN u. SCHEPERS, 1978  |
|          |                    | sign.        | SCHNEIDER u.a., 1980         |
|          |                    |              | WEBB, 1980b                  |
|          | Futtermittelnverw. | sign.        | EIKELENBOOM u.a., 1980a      |
|          | Wachstum und       |              |                              |
|          | Futtermittelnver-  |              |                              |
|          | brauch             | n.s. (Sauen) | EIKELENBOOM u. MINKEMA, 1978 |
|          |                    | sign. (Eber) | EIKELENBOOM u. MINKEMA, 1978 |
| CK       | Tägl. Zunahme      | r = -0.09    | RICHTER u.a., 1973           |

sign. = signifikant

n.s. = nicht signifikant

Dabei scheinen Rasse, Geschlecht und Haltung eine Rolle zu spielen, so daß in manchen Rassen beispielsweise Hal(+)-Tiere überlegen sind und Hal(-) in einer anderen. Nach SCHMITTEN u.a. (1981b) sind die Unterschiede in der Futterverwertung zwischen Hal(+)- und Hal(-)-Tieren unter den Bedingungen der Gruppenfütterung mit einer gewissen Vorsicht zu interpretieren, da die Vollgeschwister der Fütterungsgruppen nicht immer die gleiche Halothanreaktion zeigen. Nach Streßstatus getrennte Haltung hat gezeigt, daß die Futteraufnahme ad libitum bei Hal(-)-Tieren höher ist (EIKELENBOOM u.a., 1976; VERSTEGEN u.a., 1976).

#### 1.5.4.2. Schlachtleistung

Die Beziehungen der am lebenden Tier gemessenen Merkmale zu Schlachtleistungsparametern scheinen deutlicher zu sein als zu denen der Mastleistung (Tabelle 9).

Die Streßanfälligkeit ist nicht nur rassespezifisch sondern sie ist auch von der Schlachtkörperzusammensetzung innerhalb der einzelnen Rassen abhängig. Die Halothanreaktion scheint also oberhalb einer gewissen Muskelfülle ziemlich unspezifisch zu sein (SCHEPERS u. SCHMITTEN, 1978). Die polymorphen Blutmerkmale, Halothanreaktion und CK-Aktivität hängen mit der Schlachtleistung des Tieres zusammen.

#### 1.5.4.3. Fleischbeschaffenheit

Wie bei Schlachtleistungseigenschaften sind die Fleischbeschaffenheitskriterien mit den Markern und dem Streßstatus unterschiedlich korreliert (Tabelle 10).

Signifikante Zusammenhänge bestehen zwischen dem Blutgruppensystem H, dem PHI-Enzymsystem, der Halothanreaktion bzw. CK-Aktivität und den Merkmalen der Fleischbeschaffenheit. Bei den fleischbetonten Rassen Pietrain und LB lassen sich keine engen Beziehungen zwischen Leistungsniveau und Reaktionsstufen nachweisen (BLENDL u.a., 1981). Die Beziehungen sind eng zwischen der CK-Aktivität und Fleischbeschaffenheitsmerkmalen, obwohl VÖGELI und GERWIG (1980) keinen gesicherten Zusammenhang finden. Zunehmende Enzymaktivität kommt mit den ungünstigeren Fleischbeschaffenheitsmerkmalen vor.

Tabelle 9. Beziehungen zwischen Markern, Halothanreaktion, CK-Aktivität und Schlachtleistung

| Systeme      | Leistungsmerkmale       | Beziehungen           | Autoren                     |
|--------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| H            | Körperlänge             | sign. (VLS)           | VÖGELI u.a., 1982b,c        |
|              |                         |                       | VÖGELI u.a., 1982b          |
|              |                         | n.s. (ES)             | VÖGELI u.a., 1982c          |
|              | Fleisch-%               | gering (VLS)          | VÖGELI u. GERWIG, 1980      |
|              |                         | n.s. (ES)             | VÖGELI u.a., 1982c          |
| PHI          | Körperlänge             | sign. (VLS)           | VÖGELI u.a., 1982b          |
|              | Fleisch-%               | sign. (VLS)           | VÖGELI u.a., 1982b          |
| H/PHI        | Fleisch-%               | sign. (VLS)           | VÖGELI u.a., 1982c          |
|              |                         | n.s. (ES)             | VÖGELI u.a., 1982c          |
| 6-PGD        | Fettansatz              | sign. (DL)            | ROGDAKIS, 1978              |
| Halothan     | Körperlänge             | r = .18 (DL)          | SCHMITTEN u.a., 1981c       |
|              | Rückenspeck             | sign.                 | KOVACH, 1980                |
|              | Fettansatz,             |                       |                             |
|              | Schlachtkörperzusammen- |                       |                             |
|              | setzung und             |                       |                             |
|              | Fleisch-%               | sign.                 | ROGDAKIS, 1978              |
|              |                         |                       | SCHMITTEN u. SCHEPERS, 1978 |
|              |                         |                       | JENSEN u. ANDRESEN, 1980    |
|              |                         |                       | SCHNEIDER u.a., 1980        |
|              |                         | sign. (neg.)          | SCHMITTEN u.a., 1981c       |
|              |                         |                       | VÖGELI u.a., 1982c          |
|              | Muskelfläche            | r = -.29 (DL)         | SCHMITTEN u. SCHEPERS, 1978 |
|              | Fleisch/Fett            |                       |                             |
|              | -Verhältnis             | r = .30 (DL)          | SCHMITTEN u. SCHEPERS, 1978 |
|              | Fleischfülle            | n.s. (LB)             | SCHMITTEN u.a., 1981b       |
|              |                         | sign. (DL)            | SCHMITTEN u.a., 1981a,b,c   |
|              |                         | sign. (VLS)           | SCHWÖRER u. BLUM, 1983      |
|              | Schinken-An-            |                       |                             |
|              | teil                    | r = -.22              | SCHMITTEN u. SCHEPERS, 1978 |
|              |                         | sign.                 | KALLWEIT, 1979              |
| CK-Aktivität |                         |                       |                             |
|              | Fleischfülle            | sign. pos.            | RICHTER u.a., 1973          |
|              | Rückenspeck             | r <sub>G</sub> = -.60 | RICHTER u.a., 1973          |
|              | Muskelfläche            | r = .31               | RICHTER, 1979               |

sign. = signifikant

n.s. = nicht signifikant.

Tabelle 10. Beziehungen zwischen Markern, Halothanreaktion, CK-Aktivität und Fleischbeschaffenheitsmerkmalen

| Systeme  | Qualitätsmerkmale          | Beziehungen   | Autoren                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------|----------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H        | Farbhelligkeit und PSE     | sign.         | ANDRESEN u. JENSEN, 1978; 1979ab<br>ANDRESEN, 1980a, b                                                                                                                                                                                                                                        |
| PHI      | KK-Index                   | sign.         | ANDRESEN, 1979a, b                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| H/PHI    | Fleischbeschaf (pH, Farbe) | sign.         | PEDERSEN, 1978<br>JENSEN u. ANDRESEN, 1980<br>ANDRESEN u. a., 1980<br>VÖGELI u. GERWIG, 1980<br>STAUN u. JENSEN, 1982<br>VÖGELI u. a., 1982b, c                                                                                                                                               |
| Halothan | Fleischbeschaf (pH, Farbe) | sign.         | EIKELNBOOM u. MINKEMA, 1978<br>SCHMITTEN u. SCHEPERS, 1978<br>KALLWEIT, 1979<br>SCHNEIDER u. a., 1979<br>KOVACK, 1980<br>SCHWÖRER u. a., 1980<br>FISCHER, 1982<br>VÖDELI u. a., 1982a, c<br>VÖGELI u. SCHWÖRER, 1982<br>KLEIBEL u. a., 1983<br>SCHWÖRER u. BLUM, 1983<br>ENSINGER u. a., 1982 |
|          | pH <sub>1</sub> -Wert      | r = .43       | SCHMITTEN u. SCHEPERS, 1978                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|          | Göfo-Wert                  | r = .35       | SCHMITTEN u. SCHEPERS, 1978                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|          | Transmission               | r = .47       | SCHMITTEN u. SCHEPERS, 1978                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| CK-Akti- | pH, Göfo                   | n.s.          | VÖGELI u. GERWIG, 1980                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| vität    | pH <sub>1</sub>            | r = -.41      | RICHTER u. a., 1973                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|          |                            | r = -.57      | ADDIS u. a., 1974                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|          |                            | r = -.47      | KALLWEIT, 1980a                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|          |                            | r = -.40      | SCHWÖRER u. a., 1980                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|          | Göfo                       | r = -.32      | RICHTER, 1979                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|          |                            | r = .55       | SCHWÖRER u. a., 1980                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|          | Fleischqualitätsmerkmale   | r = .2 bis .4 | KALLWEIT, 1979a                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|          |                            | sign. neg.    | KALLWEIT, 1980b                                                                                                                                                                                                                                                                               |

KK-Index = Dänischer Fleischbeschaffenheitsindex

sign. = signifikant

n.s. = nicht signifikant.

#### 1.5.4.4. Andere Leistungen

Die Beziehungen zwischen den hier behandelten Systemen und anderen Schweineleistungen (Konstitution, Reproduktion) wurden ebenfalls untersucht.

ANDRESEN und JENSEN (1980) berichten, daß die Sauen mit dem Typ H c/c mehr Ferkel haben als H a/a-Sauen.

Die Fleischbeschaffenheit steht in positiver Beziehung zu Fruchtbarkeit und Vitalität (KALLWEIT, 1980a). SCHNEIDER u.a. (1980) und WILLEKE u.a. (1984) finden, daß die Hal-NN- und Hal-Nn-Mütter eine bessere Reproduktionsleistung erbringen als die Hal-nn-Tiere. Kein Unterschied besteht zwischen halothanresistenten Hal-NN- und Hal-Nn-Tieren. Die Würfe von Hal-nn-Müttern weisen 1.3 % höhere Verluste bis zum 28. Lebenstag auf gegenüber Hal-NN-Müttern. Die gleiche Tendenz wird auch bei Vätern unter denselben genetischen Bedingungen beobachtet (1.3% Verluste höher bei streßanfälligen Vätern). Die Würfe mit einem hohen Anteil an heterozygoten Tieren weisen mehr lebende Ferkel auf als Würfe, die ausschließlich aus homozygoten Tieren zusammengesetzt sind. Allein kann der Halothanstatus der Sau die Erklärung der besseren Reproduktionsleistung nicht bringen. Es sollte auch der Streßstatus der Ferkel bzw. des Ebers berücksichtigt werden, da die genetische Anpassungsfähigkeit bedingt, daß nur wenige streßanfällige Embryonen bzw. Foeten bis zur Geburt bzw. zum 28. Lebenstag überleben. Der Vorteil der streßresistenten Mütter bzw. Väter für die Fruchtbarkeit könnte darauf beruhen, daß sie kaum oder nur wenige streßanfällige Nachkommen erhalten können.

Die Hal(+)-Tiere neigen stärker zum plötzlichen Tode beim Transport und in der Mastperiode und zu kleineren Würfen als die Hal(-)-Tiere (WEBB u. JORDAN, 1978; JENSEN u. ANDRESEN, 1980; ANDRESEN, 1980a; SCHWÖRER u. BLUM, 1983; WEBB, 1983). Die Verluste während der Mast wegen akuten Herz-Kreislauf-Versagens bzw. beim Transport betragen 1.3-6.76% bzw. 6.8% bei Hal(+)-Tieren und 0.3-1.9% bzw. 1.9% bei Hal(-)-Tieren (EIKELÉNBOOM u.a., 1976 u. 1978; SCHMITTEN u.a., 1981b; MATZKE u.a., 1984). Die Gesamtverluste sind 10mal höher bei Hal(+)- als bei Hal(-)-Tieren (EIKELÉNBOOM u.a., 1980a; WIEGAND u.a., 1983). Die Vorhersage der Überlebensrate bei streßresistenten und -anfälligen Schweinen scheint jedoch schlecht zu sein (KITTLER u. DZAPÓ, 1978).

## 2. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

### 2.1. PROBLEMSTELLUNG UND GRUNDLAGEN DER UNTERSUCHUNGEN

Die Beziehungen zwischen Streßresistenz und Leistungsfähigkeit der Schweine wurden oftmals untersucht und sie sind unterschiedlich in verschiedenen Rassen und sogar Populationen. In vielen Rassen steht die Streßresistenz in negativem Zusammenhang mit der Fleischfülle und in positivem mit der Fleischbeschaffenheit. Außerdem wurden die Beziehungen zwischen den Leistungen und Blutpolymorphismen untersucht. Dabei werden unter anderem die Systeme H, PHI und 6-PGD, deren Loci in Kopplung mit dem Hal-Locus stehen, einbezogen.

Ziel dieser Arbeit war es, diese Beziehungen an DL-Schweinen an der Mastprüfungsanstalt in Grub zu untersuchen. Halothanreaktion und Creatinkinaseaktivität werden als Indikatoren für Streßempfindlichkeit in Verbindung mit den Blutpolymorphismen H, PHI, 6-PGD und ADA untersucht. Die Beziehungen dieser sog. Marker zu Eigenschaften der Mast- und Schlachtleistung bzw. Fleischbeschaffenheit werden geprüft. Etwaige Zusammenhänge könnten für die Selektion auf Streßresistenz und Verbesserung der Fleischbeschaffenheit vorteilhaft genutzt werden. Das Gleiche gilt bezüglich Kriterien der Mast- und Schlachtleistung.

Die Untersuchungen über Beziehungen zwischen Markern bzw. Markern und Leistungen beim Schwein berücksichtigen Pleiotropie und Kopplung. Andere genetische Einflüsse wie Heterosis, Dominanz, Epistasie werden hier nicht behandelt.

Die Schätzung pleiotroper Effekte von Markern auf Leistungen erfolgt nach ZWIAUER (1980) durch die Erfassung der Bluttypen und quantitativen bzw. qualitativen Merkmale an demselben Tier und den Vergleich der durchschnittlichen Leistungspotentiale der einzelnen Markergenotypengruppen. Wird kein Unterschied zwischen den Mittelwerten der verschiedenen Genotypen eines Markers gefunden oder sind sie nur gering, so ist anzunehmen, daß kein Einfluß des Markers auf die Leistung vorliegt. An pleiotrope Effekte des Markers können auch assoziative Effekte angeschlossen sein. Es handelt sich hier um eine indirekte Beziehung des Markers zur Leistung. Das Gen vom Marker steht in genetischen Beziehungen (z.B. Kopplung) mit einem oder mehreren für die Leistung verantwortlichen Genen. In diesem Falle spielt der Marker eventuell die Rolle des Kennzeichens für die bekannten oder noch unbekannten Leistungspolygene.

Die Analyse der Kopplungsbeziehungen stellt erhöhte Anforderungen an das Untersuchungsmaterial und wird z.B. durch eine geplante Kreuzung der Tiere durchgeführt.

Der Vergleich der Leistungen bei verschiedenen Geno- oder Phänotypen kann auch darauf hinweisen, daß ein Heterosiseffekt vorliegt, wobei die heterozygoten Gruppen den homozygoten überlegen sind.

## 2.2. MATERIAL UND METHODEN

### 2.2.1. Material

Das Tiermaterial umfaßt nach Tabelle 11 623 Tiere der Deutschen Landrasse (DL). Davon wurden 422 weibliche Prüfungstiere der Mastprüfungsanstalt Grub (MPA) in die Untersuchungen einbezogen. Die übrigen 201 Tiere wurden als Feldmaterial von den Staatsbetrieben der Staatl. Versuchsgüterverwaltung Grub und München-Freising mit den Betrieben Grub, Osterseeon und Baumannshof bereitgestellt. Genetisch entsprechen diese Tiere denen der Landestierzucht.

Die MPA-Tiere sind Nachkommen von Herdbuchtieren (HB) der Bayer. Herdbuchzucht oder Nachkommen von Herdbuchhebern der künstlichen Besamung, angepaart an DL-Sauen aus staatlich anerkannten Ferkelerzeugerbetrieben (FE) zur Prüfung von Besamungshebern. HB- und FE-Tiere unterscheiden sich bezüglich der Merkmale der Mast- und Schlachtleistung sowie der Fleischbeschaffenheit. Die HB-Schweine haben bessere Zunahmen und eine bessere Schlachtkörperzusammensetzung, während die FE-Tiere eine geringe Überlegenheit in Fleischbeschaffenheit zu zeigen scheinen. Das HB-Material hat den größeren Anteil an halothanpositiven Tieren als das FE-Material (MATZKE u.a., 1984). Die Prüfung an der MPA erfolgt in Gruppen mit je 2 weiblichen Vollgeschwistern bei ad-libitum Fütterung im Prüfungsabschnitt von 30 bis 100 kg, entsprechend den Richtlinien der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Schweineerzeuger (ADS).

Tabelle 11. Zusammensetzung des Tiermaterials und Leistungsprüfungsart bzw. Tests

| Betrieb     | Tierzahl | Leistungsprüfungen    | Tests    |
|-------------|----------|-----------------------|----------|
| MPA-Grub    | 422      | Mast                  | Halothan |
|             |          | Schlachtkörperwert    | CK       |
|             |          | Fleischbeschaffenheit |          |
| SVG-Grub    | 145      | Fleischbeschaffenheit | CK       |
| Osterseeon  | 46       | Fleischbeschaffenheit | CK       |
| Baumannshof | 10       | Fleischbeschaffenheit | CK       |

Die Tiere des Staatsbetriebes Grub werden in Gruppen zu 10 Tieren pro Bucht auf Teilspaltenboden mit Unterflurfaltschieber gehalten. Die Rationszusammensetzung der computergesteuerten Flüssigfütterungsanlage wird mit dem EDV-Programm "ZIFO" der BLT Grub nach RUTZMOSER (1984) berechnet. Die Schweinemast erfolgt im Gutsbetrieb Osterseeon mit Gruppen von 8 bis 15 Tieren auf Vollspaltenboden mit Betonflächenelementen. Die Mast erfolgt ad libitum mit Trocken- oder Flüssigfutter. Gleiches gilt auch für die Tiere des Betriebes Baumannshof.

Die Untersuchungen wurden in der Zeit Mai bis November 1982 und Januar bis Oktober 1983 mit den MPA-Tieren durchgeführt. Bei

den 201 Tieren des Feldmaterials sind im 1. Untersuchungszeitraum auch 40 Kastraten enthalten. Der mögliche Einfluß konnte bei den Auswertungen jedoch nicht berücksichtigt werden. 2 Tage nach der Ankunft an der MPA werden die Prüftiere nach 12 Stunden Nüchterung dem Halothantest unterzogen.

Die Untersuchungstiere wurden bei einem Lebendgewicht von durchschnittlich 80 bis 90 kg dem CK-Test unterstellt. Die Zahl der Testtage betrug 41 Tage für das Gesamtmaterial, 35 für die MPA-Tiere und 10 für das Feldmaterial. Mit 100 kg wurden die Schweine im Versuchsschlachthaus der BLT Grub geschlachtet. Die Blutproben zur Bestimmung der Blutpolymorphismen wurden beim Entbluten entnommen. 45 bis 55 Minuten nach der Tötung erfolgte die Messung der Fleischbeschaffenheit mit den Merkmalen  $pH_1$  im Schinken und Kotelett und Göfo<sub>1</sub> am Schinken an der hängenden rechten fixierten Schlachtkörperhälfte. Nur bei den MPA-Tieren konnten die Merkmale zur Beurteilung des Schlachtkörperwertes und die der Fleischbeschaffenheit 24 Stunden p.m. erfaßt werden. Die Zahl der Schlachtstage betrug 38 Tage für das Gesamt- und MPA- Material und 8 Tage für das Feldmaterial.

Die Bestimmung der Blutpolymorphismen der untersuchten Tiere bezog sich zunächst nur auf das H-Blutgruppensystem, wobei die Anwesenheit oder Abwesenheit eines  $H^a$ -Faktors untersucht wurde. Die  $H^a/a$ -Tiere sind diejenigen, die entweder den Genotyp  $H^a/a$  oder  $H^a/-$  besitzen, während die  $H^-/-$ -Tiere kein Allel  $H^a$  besitzen.

Tabelle 12. Untersuchte Leistungsmerkmale

| Mastleistung          | ! Schlachtleistung               | ! Fleischbeschaffenheit            |
|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Tägl. Zunahme (TZ), g | ! Handelsklasse                  | ! $pH_1$ Rückenmuskel (RM)         |
| Futtermater. (FV), kg | ! Körperlänge, cm                | ! $pH_1$ Schinkenmusk. (S)         |
|                       | ! Rückenspeckdicke, cm           | ! $pH_{24}^{RM}$                   |
|                       | ! Seitenspeckdicke, cm           | ! $pH_{24}^S$                      |
|                       | ! Speckmaß B, cm                 | ! Göfo <sub>1</sub> S              |
|                       | ! Fleischfläche, cm <sup>2</sup> | ! Göfo <sub>24</sub> S             |
|                       | ! Fettfläche, cm <sup>2</sup>    | ! Göfo <sub>24</sub> RM            |
|                       | ! Fleisch-Fett-Verh.             | ! Safthaltev. (Saf) <sub>1</sub> S |
|                       | ! Schinken-%                     | ! Saf <sub>24</sub> S              |
|                       | ! Speckmaß-Quotient              | ! Saf <sub>24</sub> RM             |
|                       | ! (QB)                           | ! Refrakto-Wert (R <sub>1</sub> )  |
|                       | !                                | ! Rigor <sub>1</sub> S             |
|                       | !                                | ! Rigor <sub>24</sub> S            |
|                       | !                                | ! Rigor <sub>24</sub> RM           |

Zur weiteren Genotypbestimmung der Tiere wurden die Enzymsysteme PHI, 6-PGD und ADA untersucht. Bei diesen Systemen wurden die Gene A und B und zusätzlich bei ADA das Gen o untersucht. Da heterozygote Tiere vom Gen o nicht nachweisbar sind, umfaßt der Typ ADA-A/. bzw. ADA-B/. die Typen ADA-AA und ADA-Ao bzw. ADA-BB und ADA-Bo.

Die untersuchten Leistungsparameter sind in Tabelle 12 zusammengefaßt, wobei bei den MPA-Tieren alle Merkmale vorhanden sind. Bei den Tieren des Feldmaterials sind nur die Merkmale der Fleischbeschaffenheit 1 Stunde p.m. erfaßt.

## 2.2.2. Methoden

### 2.2.2.1. Untersuchungsmethoden

- Halothan- und CK-Test, Nachweis von Blutgruppen und polymorphen Enzymsystemen

Für die Untersuchung auf die Halothanempfindlichkeit der Tiere wurde das halbgeschlossene System verwendet, wie von MATZKE u. a. (1984) beschrieben. Die Halothankonzentration in der Atmungsluft (Sauerstoff) betrug 4 Vol% und die Beatmungsdauer wurde auf 3 Minuten begrenzt und nur in Zweifelsfällen auf 5 Minuten ausgedehnt. Der Zufluß über den Vapor wurde nach der ersten Atembeutelfüllung auf eine Durchflußmenge von 1.5 l/Minute reduziert. Halothanegative Tiere hatten noch nach 3 Minuten eine entspannte Muskulatur, während halothanpositive Tiere Muskelkontraktionen (Beine, Bauch) vor der maximalen Dauer zeigten. Der Test wurde bei Eintritt der positiven Reaktion sofort unterbrochen. Es wurden nur zwischen Hal(+)- und Hal(-)-Tieren unterschieden. Tiere ohne eindeutige Halothanreaktion wurden vom Versuch ausgeschlossen.

Der CK-Test erfolgte bei durchschnittlich 85 kg Lebendgewicht der Tiere, d.h. 2 bis 3 Wochen vor dem Schlachten. Als standardisierten Streß bekamen die Tiere morgens i.m. in die Halsmuskulatur 1 ml "Myostress" injiziert. 24 Stunden danach wurde Blut an Ohrgefäßen nach der Punktion mit sterilen Lanzetten mittels der Plastikröhrchen (Ratiob Micro-Test Tubes Nr.1501) entnommen. Das Blut wurde sofort im Kühlschrank 4 Stunden bei +4°C gelagert. Nachmittags kam es zum Labor des Tiergesundheitsdienstes Bayern e.V. Grub zur Bestimmung der CK-Aktivität. Diese Bestimmung erfolgte mit der Mikromethode nach BICKHARDT und RICHTER (1980). Die so gemessenen CK-Werte wurden für die Auswertung logarithmiert.

Der Nachweis des Blutgruppenfaktors Ha sowie des biochemischen Polymorphismus der verschiedenen Enzymtypen erfolgte im Institut für Blutgruppenforschung und Immunbiologie der Tierzuchtforschung e.V. München in Grub. Das Blut wurde beim Entbluten der Tiere während der Schlachtung in Plastikflaschen aufgefangen, die zur Verhinderung der Blutgerinnung mit 20 ml Stabilisator für Schweineblut (Natriumcitrat 30.0 g, Natriumchlorid 2.5 g, Natriumcyanid 0.4 g, Streptothemat 0.5 g, Aqua dest. ad 1000.0 ml) gefüllt wurden. Die Bestimmung des Blutgruppenfak-

tors Ha aus dem Blutgruppensystem des Schweines erfolgte serologisch in der Iso-Immun-Hämolysereaktion. Die Typisierung des biochemischen Polymorphismus erfolgte mit Hilfe der Stärkegel-Elektrophorese bzw. Polyacrylamid-Elektrophorese.

#### - Leistungsprüfung

Die Durchführung der Prüfung, die Erfassung und Auswertung der Daten für die untersuchten Leistungsparameter erfolgten nach "Richtlinien für die Stationsprüfung auf Mastleistung und Schlachtkörperwert beim Schwein" (Stand Januar 1983).

Das Saffthaltevermögen des Fleisches und der Rigor-Wert wurden gemessen, wie von BLENDL (1982) beschrieben.

#### 2.2.2.2. Auswertungsmethoden

Aufgrund der unterschiedlichen Herkunft der Tiere und der verfügbaren Merkmalsgruppen wurde die Auswertung in mehreren Modellen notwendig, wobei gleichzeitig unterschiedliche Varianzursachen berücksichtigt wurden.

Die Genfrequenzen für die Systeme H, PHI, 6-PGD, ADA und Halothan wurden nach Hardy-Weinberg berechnet.

Die Häufigkeitsverteilungen (Blutparameter, Halothanreaktionen, CK-Aktivität, Handels- und Fleischbeschaffenheitsklassen) und die Varianzanalyse der Leistungsmerkmale konnte mit dem EDV-Programm SAS (Statistical Analysis System: SAS-User's Guide: Basis, Edition 1982) vorgenommen werden. Die Erwartungswerte für die Häufigkeitsverteilung wurden auf der Basis der Genotypen- bzw. Phänotypenfrequenzen berechnet.

Die varianzanalytische Auswertung erfolgte in 4 fixen Modellen. Dabei wurden folgende Abkürzungen verwendet und es bedeuten:

|             |                                                       |
|-------------|-------------------------------------------------------|
| $Y_{ij}...$ | = Beobachtungswert                                    |
| $\mu$       | = Gesamtmittelwert                                    |
| B1          | = fixer Effekt des Blutsystems bzw. Gesamtbluttypes   |
| Hal         | = fixer Effekt der Halothanreaktion                   |
| Pa          | = fixer Effekt der Prüfarm (HB und FE)                |
| b(Sg)       | = Regression des Merkmales auf Schlachtgewicht (warm) |
| b(CK)       | = Regression des Merkmales auf die CK-Aktivität       |
| St          | = fixer Effekt des Schlachttages                      |
| Tt          | = fixer Effekt des Testtages                          |
| $e_{ij}...$ | = Restfehler                                          |

#### Modell 1.

Der Zusammenhang der Mast- und Schlachtleistung mit einzelnen Blutsystemen bzw. dem Gesamtbluttyp am MPA-Material wurde mit dem folgenden Modell unter Berücksichtigung der Herkunft der

Prüftiere (HB- oder FE-Betriebe) und deren Schlachtgewicht (warm) getestet:

$$Y_{ijkl} = \mu + Bl_i + Pa_j + b_k(Sg) + e_{ijkl}.$$

Aus dem Modell ist zu entnehmen, daß der Einfluß der Blutgruppen auf Einflüsse wie Prüffart und Schlachtgewicht korrigiert wurden.

Für die Auswertung der Fleischbeschaffenheitsmerkmale wurde dieses Modell modifiziert. Statt auf Schlachtgewicht muß man den Einfluß des Schlachttages korrigieren, da die Fleischbeschaffenheitsmerkmale stark von den Einflüssen des Schlachttages (z.B. Witterung, Unruhe) abhängen:

$$Y_{ijkl} = \mu + Bl_i + Pa_j + St_k + e_{ijkl}.$$

Da im Feldmaterial keine Unterschiede in dem Prüfungsverfahren bestanden, konnte hier die Einflußgröße Prüffart aus dem Modell gestrichen werden:

$$Y_{ijk} = \mu + Bl_i + St_j + e_{ijk}.$$

Modell 2.

Um feststellen zu können, ob sich die Tiere mit unterschiedlicher Halothanreaktion auch hinsichtlich der Mast- und Schlachtleistungsdaten unterscheiden, wurde folgendes Modell verwendet (MPA-Material):

$$Y_{ijkl} = \mu + Hal_i + Pa_j + b_k(Sg) + e_{ijkl}.$$

Für die Auswertung der Fleischbeschaffenheitsdaten wurde das Modell wieder wie folgt modifiziert:

$$Y_{ijkl} = \mu + Hal_i + Pa_j + St_k + e_{ijkl}.$$

Die Variation der CK-Aktivität innerhalb der Halothanreaktionsklassen ließ sich mittels einer weiteren Modifizierung des Modells auswerten:

$$Y_{ijkl} = \mu + Hal_i + Pa_j + Tt_k + e_{ijkl}.$$

Eine Korrektur der CK-Werte auf den Testtageseinfluß ist notwendig, da auch die CK-Meßwerte von Tageseinflüssen abhängig sind.

### Modell 3.

Um die Zusammenhänge der Mast- und Schlachtleistungsmerkmale mit der CK-Aktivität im MPA-Material zu untersuchen, wurde die Regression der Leistungseigenschaften auf die CK-Aktivität berechnet. Der Regressionskoeffizient  $b$  gibt an, um wieviel sich  $y$  ändert, wenn sich  $x$  um eine Einheit ändert. Die in Ergebnissen angegebenen Regressionsparameter beziehen sich nicht auf die Abweichung vom CK-Mittelwert, sondern auf den absoluten. Auch hier wurde auf Prüffart und Schlachtgewicht korrigiert:

$$Y_{ijkl} = \mu + Pa_i + b_j(Sg) + b_k(CK) + e_{ijkl}.$$

Zur Berechnung der Regression der Fleischbeschaffenheitsdaten auf CK-Aktivität im MPA-Material wurde dieses fixe Modell wie oben geändert:

$$Y_{ijkl} = \mu + Pa_i + St_j + b_k(CK) + e_{ijkl}.$$

Für das Feldmaterial blieb die Prüffart wieder unberücksichtigt:

$$Y_{ijk} = \mu + St_i + b_j(CK) + e_{ijk}.$$

### Modell 4.

Es wird häufig diskutiert, ob der CK-Test zusätzlich zum Halothantest noch weitere Informationen liefern kann. Um diese Fragestellung zu testen, wurden beide Faktoren gleichzeitig ins Modell aufgenommen, Halothan als fixer Effekt und der CK-Wert in Form einer Regression. Die Zusammenhänge der CK-Aktivität mit den Leistungsmerkmalen, werden hier um den Teil der Variation reduziert, der bereits durch den Halothantest erfaßt ist und umgekehrt. Für die Mast- und Schlachtleistung ergab sich somit folgendes Modell:

$$Y_{ijkl} = \mu + Hal_i + Pa_j + b_k(Sg) + b_l(CK) + e_{ijklm}.$$

Für die Fleischbeschaffenheitsdaten wurde wieder auf Schlachttag korrigiert:

$$Y_{ijklm} = \mu + Hal_i + Pa_j + St_k + b_l(CK) + e_{ijklm}.$$

Bei der gesamten Auswertung wurde unterstellt, daß Interaktionen zwischen den fixen Effekten nicht signifikant sind oder in diesem Zusammenhang von so geringer Bedeutung sind, daß sie vernachlässigt werden können.

Bei der Beschreibung der Ergebnisse werden in den Tabellen die F-Werte für alle im Modell berücksichtigten Effekte, die Restvarianz sowie die durch das Modell erklärte Varianz ( $r^2$ ) aufgeführt, während die LSQ-Mittelwerte nur die für die Fragestellung wichtigen Testgrößen angegeben werden. Bei signifikantem F-Wert wurden die Unterschiede zwischen Bluttypen mit mehr als 2 Allelen mit dem multiplen t-Test hinsichtlich der Signifikanz geprüft. Verschiedene Buchstaben (a,b bzw. c) neben den Mittelwerten deuten auf eine statistische Signifikanz der Unterschiede zwischen den Typen hin, während bei gleichen Buchstaben keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden können.

Bei sämtlichen hier verwendeten Tests werden die üblichen Irrtumswahrscheinlichkeiten herangezogen.

n.s. :  $P > 0.05$  (nicht signifikant)  
\* :  $P \leq 0.05$  (schwach signifikant)  
\*\* :  $P \leq 0.01$  (signifikant)  
\*\*\* :  $P \leq 0.001$  (hoch signifikant)

## 2.3. ERGEBNISSE

Die Untersuchungen und Auswertungen der Daten haben zu folgenden Ergebnissen geführt.

### 2.3.1. Datenstruktur

#### 2.3.1.1. Genotypen- bzw. Phänotypen- und Genfrequenzen der Bluttypen sowie der Halothanreaktion

Wie Tabelle 13 zeigt, sind die Genotypenfrequenzen der Blutpolymorphismen relativ ähnlich zwischen dem MPA- und Feldmaterial. Unterschiede bestehen jedoch für das H-Blutgruppensystem mit 73% der Tiere vom Typ Ha/. im Gesamt-, 68% im MPA- und 83% im Feldmaterial. Am häufigsten treten die Typen Ha/. im H-System, PHI-BB im PHI-System (83% im Gesamtmaterial), PGD-BB im 6-PGD-System (50% im Gesamtmaterial) und ADA-A/. im ADA-System (77% im Gesamtmaterial) auf.

Während die Tiere im Feldmaterial nicht auf Halothanreaktion untersucht worden sind, weist das MPA-Material 61% Hal(+)- und

Tabelle 13. Genotypenfrequenzen des Hal- und Blutpolymorphismensysteme im Gesamt-, MPA- und Feldmaterial

| Syst. | Typ  | Gesamtmat. |      | MPA |      | Feld |      |
|-------|------|------------|------|-----|------|------|------|
|       |      | n          | %    | n   | %    | n    | %    |
| Hal   |      | -          |      | 422 |      | -    |      |
|       | Hal+ |            | -    |     | 61.0 |      | -    |
|       | Hal- |            | -    |     | 39.0 |      | -    |
| H     |      | 619        |      | 418 |      | 201  |      |
|       | a/.  |            | 73.0 |     | 68.2 |      | 83.1 |
|       | -/-  |            | 27.0 |     | 31.8 |      | 16.9 |
| PHI   |      | 619        |      | 418 |      | 201  |      |
|       | AA   |            | 11.8 |     | 11.5 |      | 12.4 |
|       | AB   |            | 5.6  |     | 4.5  |      | 8.0  |
|       | BB   |            | 82.6 |     | 84.0 |      | 79.6 |
| 6-PGD |      | 619        |      | 418 |      | 201  |      |
|       | AA   |            | 17.0 |     | 17.7 |      | 15.4 |
|       | AB   |            | 32.6 |     | 33.5 |      | 30.9 |
|       | BB   |            | 50.4 |     | 48.8 |      | 53.7 |
| ADA   |      | 619        |      | 418 |      | 201  |      |
|       | A/.  |            | 76.7 |     | 75.8 |      | 78.6 |
|       | AB   |            | 10.8 |     | 10.3 |      | 11.9 |
|       | B/.  |            | 4.5  |     | 4.3  |      | 5.0  |
|       | oo   |            | 7.9  |     | 9.6  |      | 4.5  |

39% Hal(-)-Tiere auf. Der Anteil der Hal(-)-Tiere ist höher als in dieser Population (MATZKE u.a., 1984) zu erwarten wäre. Es wurden bewußt vermehrt Hal(-)-Tiere in die Untersuchung einbezogen, um die Leistungen der Hal(+)- und Hal(-)-Tiere besser vergleichen zu können.

Die Tabelle 14 zeigt die Genfrequenzen der untersuchten Systeme. Im Halothansystem überwiegt das n-Gen für die halothanpositive Reaktion mit einer Frequenz von 0.78. Die Frequenz des H<sup>a</sup>-Allels im H-System ist im MPA-Material (0.44) niedriger

Tabelle 14. Genfrequenzen des Hal- und Blutpolymorphismensysteme im Gesamt-, MPA- und Feldmaterial

| Systeme | Gen | Gesamtmaterial | MPA     | Feld    |
|---------|-----|----------------|---------|---------|
|         |     | n Freq.        | n Freq. | n Freq. |
| Hal     | -   | 422            | -       | -       |
|         | n   | -              | 0.78    | -       |
|         | N   | -              | 0.22    | -       |
| H       |     | 619            | 418     | 201     |
|         | a   | 0.48           | 0.44    | 0.59    |
|         | -   | 0.52           | 0.56    | 0.41    |
| PHI     |     | 619            | 418     | 201     |
|         | A   | 0.15           | 0.14    | 0.16    |
|         | B   | 0.85           | 0.86    | 0.84    |
| 6-PGD   |     | 619            | 418     | 201     |
|         | A   | 0.33           | 0.34    | 0.31    |
|         | B   | 0.67           | 0.66    | 0.69    |
| ADA     |     | 619            | 418     | 201     |
|         | A   | 0.64           | 0.62    | 0.69    |
|         | B   | 0.08           | 0.08    | 0.09    |
|         | o   | 0.28           | 0.30    | 0.22    |

als im Feldmaterial (0.59). Sowohl im PHI- als auch im 6-PGD-System ist die Frequenz des B-Genes höher (0.85 bzw. 0.67 im Gesamtmaterial). Im ADA-System kommt das A-Gen am häufigsten (0.64 im Gesamtmaterial) vor. Die Frequenz des ADA<sup>o</sup>-Allels ist 0.28 im Gesamtmaterial bzw. 0.30 im MPA- und nur 0.22 im Feldmaterial.

#### 2.3.1.2. Creatinkinase-Aktivität

##### - Mittelwert und Standardabweichung der CK-Aktivität

Die logarithmierten CK-Werte des Blutes streuen um einen durchschnittlichen logCK-Wert von 3.07 mit einer Standardabweichung von 0.42 im Gesamtmaterial. Im MPA- bzw. Feldmaterial ist der

durchschnittliche logCK-Wert 3.06 bzw. 3.09 (Tabelle 15). Der Unterschied ist zwischen der CK-Aktivität im MPA- und Feldmaterial nicht signifikant.

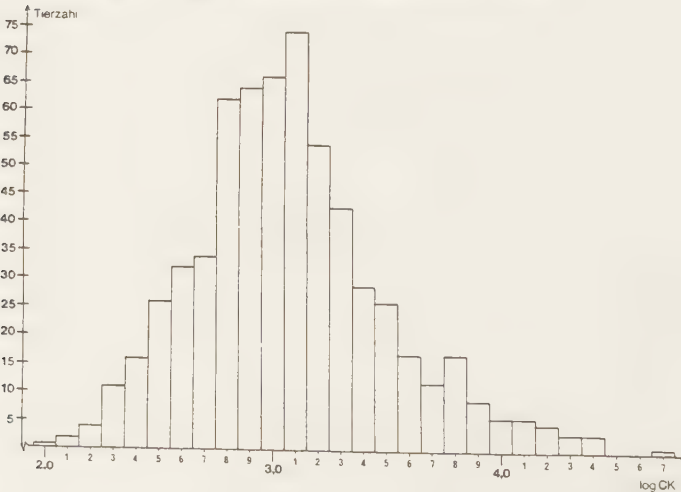
Tabelle 15. Mittelwerte und Standardabweichungen der logCK-Werte

| !Material! | !Tier-<br>!Anzahl! | ! —<br>! x! | ! s!    |
|------------|--------------------|-------------|---------|
| !Gesamt!   | ! 623!             | ! 3.07!     | ! 0.42! |
| !MPA!      | ! 422!             | ! 3.06!     | ! 0.42! |
| !Feld!     | ! 201!             | ! 3.09!     | ! 0.44! |

#### - Häufigkeitsverteilung der CK-Aktivitäten

In der Abbildung 2 sind die logarithmisch umgewandelten CK-Werte des Gesamtmaterials dargestellt. Sie variieren von logCK = 2.0 bis logCK = 4.7. Dabei besitzen ca. 68% der Tiere Werte zwischen logCK = 2.70 und logCK = 3.50. Nur 15% der Tiere zeigen eine CK-Aktivität unter logCK = 2.70 und 5.5% unter logCK = 2.50. Die Werte um den durchschnittlichen logCK-Wert (logCK = 3.07) bilden mit 20% der Tiere die stärkste Spalte.

Abb.2: Häufigkeitsverteilung der logCK-Werte im Gesamtmaterial (623Tiere)



Die Abbildung 3 zeigt die Verteilung der CK-Aktivität im MPA-Material. Die Werte variieren von  $\log\text{CK} = 2.0$  bis  $\log\text{CK} = 4.7$ . Die meisten Tiere (78.2%) zeigen eine CK-Aktivität zwischen  $\log\text{CK} = 2.60$  und  $\log\text{CK} = 3.50$ . Unter  $\log\text{CK} = 2.70$  liegen 15.4% und unter  $\log\text{CK} = 2.50$  liegen 4.5% der Tiere. Die Spalte  $\log\text{CK} = 3.10$  ist am stärksten besetzt und enthält 12% der Tiere (Mittelwert :  $\log\text{CK} = 3.06$ ).

Im Feldmaterial (Abbildung 4) haben die meisten Tiere (73%) die CK-Aktivität zwischen  $\log\text{CK} = 2.70$  und  $\log\text{CK} = 3.50$ . Unter

Abb.3: Häufigkeitsverteilung der  $\log\text{CK}$ -Werte im MPA-Material (422 Tiere)

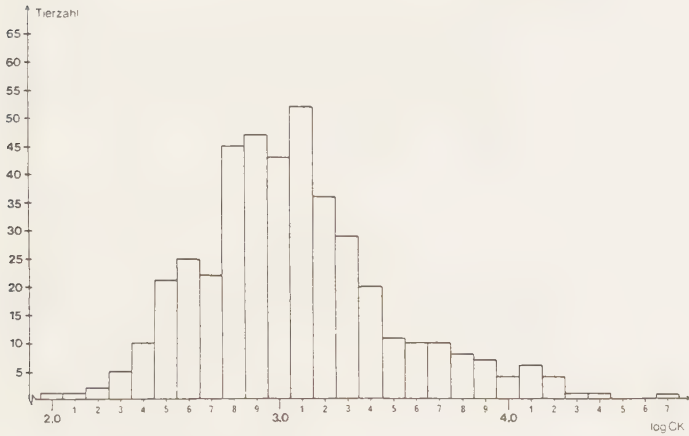
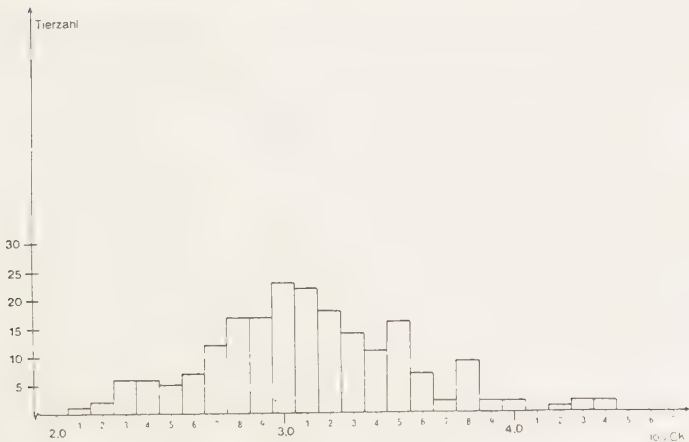


Abb.4: Häufigkeitsverteilung der  $\log\text{CK}$ -Werte im Feldmaterial (201 Tiere)



$\log CK = 2.70$  liegen 13% und unter  $\log CK = 2.50$  liegen 7.5% der Tiere. Die Werte gehen von  $\log CK = 2.10$  bis  $\log CK = 4.4$ . Die stärksten Spalten sind  $\log CK = 3.0$  (11%) und  $\log CK = 3.10$  (11%) der Tiere (Mittelwert :  $\log CK = 3.09$ ).

Die CK-Werte sind in diesem Material logarithmisch normal verteilt.

#### - Unterteilung der CK-Aktivitäten in Klassen

Um die Beziehung zwischen CK-Aktivität einerseits und Bluttypen, Halothanreaktion und Leistungen andererseits zu untersuchen, wurden die  $\log CK$ -Werte in zwei Klassensystemen gruppiert.

Die Abgrenzung erfolgte folgendermaßen:

$\log CK1$  : Kl.1 :  $\log CK < 2.70$   
                   Kl.2 :  $2.70 \leq \log CK \leq 2.90$   
                   Kl.3 :  $\log CK > 2.90$

$\log CK2$  : Kl.1 :  $\log CK < 2.50$   
                   Kl.2 :  $2.50 \leq \log CK \leq 3.00$   
                   Kl.3 :  $\log CK > 3.00$

Die Wahl der Grenzen beruht auf Erfahrungswerten. Es wird vermutet, daß zwischen den CK-Klassen Unterschiede in der Fleischbeschaffenheit und dem Schlachtkörperwert bestehen.

Die Tabelle 16 zeigt die Häufigkeit der Tiere in den  $\log CK$ -Wert-Klassen. Der größte Teil der Tiere liegt in der CK-Klasse 3, d.h. 61% der MPA-Tiere und 66% des Feldmaterials haben CK-Werte, die größer als  $\log CK = 2.9$  sind, wie die Verteilung nach  $\log CK1$  zeigt.

Tabelle 16. Häufigkeit der Tiere in verschiedenen CK-Klassen

| ! Systeme                  | ! Kl.  | ! Gesamt |        | ! MPA |        | ! Feld |        |
|----------------------------|--------|----------|--------|-------|--------|--------|--------|
| !                          | !      | ! n      | ! %    | ! n   | ! %    | ! n    | ! %    |
| ! $\log CK1$ <sup>1)</sup> | !      | ! 623    | !      | ! 422 | !      | ! 201  | !      |
| !                          | ! Kl.1 | !        | ! 17.0 | !     | ! 18.1 | !      | ! 14.9 |
| !                          | ! Kl.2 | !        | ! 20.2 | !     | ! 20.9 | !      | ! 18.9 |
| !                          | ! Kl.3 | !        | ! 62.8 | !     | ! 61.1 | !      | ! 66.2 |
| !                          | !      | !        | !      | !     | !      | !      | !      |
| ! $\log CK2$ <sup>2)</sup> | !      | ! 623    | !      | ! 422 | !      | ! 201  | !      |
| !                          | ! Kl.1 | !        | ! 8.3  | !     | ! 7.8  | !      | ! 9.5  |
| !                          | ! Kl.2 | !        | ! 38.2 | !     | ! 39.6 | !      | ! 35.3 |
| !                          | ! Kl.3 | !        | ! 53.5 | !     | ! 52.6 | !      | ! 55.2 |
| !                          | !      | !        | !      | !     | !      | !      | !      |

<sup>1)</sup> Kl.1:  $\log CK < 2.7$ ; Kl.2:  $2.7 \leq \log CK \leq 2.9$ ; Kl.3:  $\log CK > 2.9$

<sup>2)</sup> Kl.1:  $\log CK < 2.5$ ; Kl.2:  $2.5 \leq \log CK \leq 3.0$ ; Kl.3:  $\log CK > 3.0$

Bei logCK2 kommen ebenfalls die meisten Tiere in der Klasse 3 vor (53% im MPA- und 55% im Feldmaterial), d.h. sie haben CK-Werte von mehr als  $\log CK = 3.0$ . Demgegenüber ist die erste Klasse ( $< 2.50$ ) im MPA-Material mit nur 8% und im Feldmaterial mit 10% besetzt.

### 2.3.2. Kopplungsbeziehungen zwischen den Blutparametern und der Halothanreaktion

Um zu testen, ob an diesem Material Kopplungsbeziehungen zwischen den Blutparametern und der Halothanreaktion nachzuweisen sind, wurden ihre Frequenzen in einer Kontingenztafel zusammengestellt und der  $\chi^2$ -Test durchgeführt (Tabellen 17-21).

Bei unabhängiger Vererbung der Blutparameter vom Halothanlocus sollte die Besetzung der einzelnen Zellen in den Tabellen dem Produkt der jeweiligen Genfrequenzen entsprechen. Eine Kopplung zwischen den Loci würde zu einer stärkeren Besetzung einzelner Zellen führen, als es dem Produkt der Genfrequenzen entspricht.

#### 2.3.2.1. Häufigkeitsverteilung der Blutparameter

Die Häufigkeitsverteilung der PHI- bzw. 6-PGD-Genotypen gegenüber den Genotypen des H-Blutgruppensystems (Tabelle 17) weicht bei allen Datensätzen hoch signifikant von den erwarteten Werten ab. PHI-BB kommt häufiger als erwartet mit Ha/. vor, während PHI-AA bevorzugt mit H-/- vorkommt. PHI-AB zeigt keine deutliche Tendenz.

Vergleicht man die Häufigkeiten für die 6-PGD-Genotypenverteilung auf das H-System mit den Erwartungswerten so zeigt sich, daß auch hier der Genotyp BB häufiger als erwartet mit Ha/. vorkommt, während der Anteil an PGD-BB/H-/- -Genotypen reduziert ist. Umgekehrt tritt PGD-AA bevorzugt mit H-/- auf.

Demgegenüber weichen die Häufigkeitsverteilungen der ADA und logCK-Werte mit dem H-System nicht signifikant von den Erwartungswerten ab.

Tabelle 17. Häufigkeitsverteilung und  $\chi^2$ -Test für H und PHI, 6-PGD, ADA bzw. CK-Klassen

|                      |        | H-Syst. Gesamt. (n = 619) |       |         |       |           |  | MPA       |  | Feld     |
|----------------------|--------|---------------------------|-------|---------|-------|-----------|--|-----------|--|----------|
| Systeme              | Typ    | Beob.                     |       | Erwart. |       | $\chi^2$  |  | $\chi^2$  |  | $\chi^2$ |
|                      |        | a/. !                     | -/- ! | a/. !   | -/- ! |           |  |           |  |          |
|                      |        |                           |       |         |       |           |  |           |  |          |
| PHI                  | !AA    | 2!                        | 71!   | 53!     | 20!   | 207.6 *** |  | 109.9 *** |  | 127.1    |
|                      | !AB    | 28!                       | 7!    | 26!     | 9!    |           |  |           |  | ***      |
|                      | !BB    | 422!                      | 89!   | 373!    | 138!  |           |  |           |  |          |
| 6-PGD                | !AA    | 27!                       | 78!   | 77!     | 28!   | 143.6 *** |  | 70.3 ***  |  | 95.5***  |
|                      | !AB    | 167!                      | 35!   | 147!    | 55!   |           |  |           |  |          |
|                      | !BB    | 258!                      | 54!   | 228!    | 84!   |           |  |           |  |          |
| ADA                  | !A/.   | 337!                      | 138!  | 347!    | 128!  | 6.4       |  | 3.7       |  | 5.5      |
|                      | !AB    | 57!                       | 10!   | 49!     | 18!   |           |  |           |  |          |
|                      | !B/.   | 22!                       | 6!    | 20!     | 8!    |           |  |           |  |          |
|                      | !oo    | 36!                       | 13!   | 36!     | 13!   |           |  |           |  |          |
| logCK1 <sup>1)</sup> | !K1.1! | 72!                       | 31!   | 77!     | 28!   | 2.1       |  | 1.9       |  | 0.5      |
|                      | !K1.2! | 98!                       | 28!   | 91!     | 34!   |           |  |           |  |          |
|                      | !K1.3! | 282!                      | 108!  | 284!    | 105!  |           |  |           |  |          |
| logCK2 <sup>1)</sup> | !K1.1! | 36!                       | 15!   | 37!     | 14!   | 2.6       |  | 4.2       |  | 0.02     |
|                      | !K1.2! | 181!                      | 55!   | 173!    | 64!   |           |  |           |  |          |
|                      | !K1.3! | 235!                      | 97!   | 242!    | 89!   |           |  |           |  |          |

<sup>1)</sup> Siehe Fußnote Tabelle 16.

In Tabelle 18 sind die Genotypen von 6-PGD und ADA sowie die CK-Klassen gegenüber dem PHI-System aufgetragen. Sämtliche  $\chi^2$ -Werte mit Ausnahme des ADA-Systems im unterteilten Material, sind signifikant bis hoch signifikant. Der Typ PGD-BB kommt besonders häufig mit dem Typ PHI-BB vor, während PGD-AA und PHI-AA häufiger zusammen vorkommen. Die Kopplung zwischen dem Gen a im H-, B im PHI- bzw. 6-PGD-System bei DL ist also nachweisbar.

Die Abweichung der Verteilung der Genotypen des ADA-Systems gegenüber dem PHI-System von den Erwartungswerten ist gering. Der Typ A/. kommt am häufigsten mit dem Typ PHI-AA und der Typ oo mit PHI-BB vor, während ADA-AB mit PHI-AB vorkommt. Es besteht keine Abweichung im MPA- und Feldmaterial.

Der Typ PHI-AA zeigt eine Tendenz zur Klasse 3 ( $\log\text{CK} > 2.90$  bzw.  $\log\text{CK} > 3.0$ ) in beiden CK-Wertklassensystemen und der Typ PHI-AB zu Klassen 1 und 2, während der Typ PHI-BB keinen deutlichen Vorzug zeigen.

Die Tabelle 19 zeigt die Verteilung der Genotypen von ADA und den CK-Klassen gegenüber dem 6-PGD-System. Die Abweichung von

Tabelle 18. Häufigkeitsverteilung und  $\chi^2$ -Test für PHI und 6-PGD, ADA bzw. CK-Klassen

| Systeme              | Typ  | PHI-Syst. Gesamt. (n = 619) |    |     |          |    |     | MPA      | Feld     |          |
|----------------------|------|-----------------------------|----|-----|----------|----|-----|----------|----------|----------|
|                      |      | Beobachtet                  |    |     | Erwartet |    |     |          |          |          |
|                      |      |                             |    |     |          |    |     |          |          |          |
|                      |      | AA                          | AB | BB  | AA       | AB | BB  |          |          |          |
|                      |      | $\chi^2$                    |    |     |          |    |     | $\chi^2$ | $\chi^2$ |          |
|                      |      |                             |    |     |          |    |     |          |          |          |
|                      |      |                             |    |     |          |    |     |          |          |          |
|                      |      |                             |    |     |          |    |     |          |          |          |
| 6-PGD                | AA   | 69                          | 5  | 31  | 12       | 6  | 87  | 377.9    | 221.9    | 167.5*** |
|                      | AB   | 1                           | 24 | 177 | 23       | 11 | 167 | ***      | ***      |          |
|                      | BB   | 3                           | 6  | 303 | 37       | 17 | 258 |          |          |          |
|                      |      |                             |    |     |          |    |     |          |          |          |
| ADA                  | A/.  | 70                          | 24 | 381 | 56       | 27 | 392 | 18.6**   | 10.6     | 8.3      |
|                      | AB   | 0                           | 6  | 61  | 8        | 4  | 55  |          |          |          |
|                      | B/.  | 1                           | 2  | 25  | 3        | 2  | 23  |          |          |          |
|                      | oo   | 2                           | 3  | 44  | 6        | 3  | 40  |          |          |          |
|                      |      |                             |    |     |          |    |     |          |          |          |
| logCK1 <sup>1)</sup> | K1.1 | 5                           | 11 | 87  | 12       | 6  | 87  | 27.9     | 15.5**   | 16.4 **  |
|                      | K1.2 | 6                           | 12 | 108 | 15       | 7  | 103 | ***      |          |          |
|                      | K1.3 | 62                          | 12 | 316 | 46       | 22 | 321 |          |          |          |
|                      |      |                             |    |     |          |    |     |          |          |          |
| logCK2 <sup>1)</sup> | K1.1 | 2                           | 7  | 42  | 6        | 3  | 42  | 32,2     | 24.1***  | 23.2***  |
|                      | K1.2 | 13                          | 18 | 205 | 28       | 13 | 196 | ***      |          |          |
|                      | K1.3 | 58                          | 10 | 264 | 39       | 19 | 273 |          |          |          |
|                      |      |                             |    |     |          |    |     |          |          |          |

den erwarteten Werten ist schwach signifikant für ADA und logCK1 nur im Gesamtmaterial, während sie für logCK2 hochsignifikant im Gesamtmaterial und lediglich schwach signifikant im MPA- und Feldmaterial ist. Der Typ ADA-A/. kommt häufiger mit dem Typ PGD-AA vor, während der oo-Typ PGD-BB bevorzugt.

Wie beim PHI-System weist der PGD-AA-Genotyp die stärkste Tendenz zur Kl.3 in beiden CK-Klassensystemen auf, während PGD-BB und PHI-AB bevorzugt in Kl.1 vorkommen.

Die CK-Aktivität weicht nur zufällig von den Erwartungswerten im ADA-System ab (Tabelle 20).

Tabelle 20. Häufigkeitsverteilung und  $\chi^2$ -Test für ADA und CK-Klassen

| Systeme              | ADA-Syst. Gesamt. (n = 619) |     |            |        |          |     |        |    |    |     | MPA      | Feld     |
|----------------------|-----------------------------|-----|------------|--------|----------|-----|--------|----|----|-----|----------|----------|
|                      | Kl.                         |     | Beobachtet |        | Erwartet |     |        |    |    |     | $\chi^2$ | $\chi^2$ |
|                      |                             |     |            |        |          |     |        |    |    |     | $\chi^2$ |          |
|                      |                             |     | A/.        | AB/B/. | oo       | A/. | AB/B/. | oo |    |     |          |          |
| logCK1 <sup>1)</sup> | Kl.1                        | 79  | 10         | 4      | 10       | 81  | 11     | 5  | 8  | 1.5 | 5.4      | 6.9      |
|                      | Kl.2                        | 98  | 12         | 7      | 9        | 96  | 14     | 5  | 10 |     |          |          |
|                      | Kl.3                        | 298 | 45         | 17     | 30       | 298 | 42     | 18 | 31 |     |          |          |
| logCK2 <sup>1)</sup> | Kl.1                        | 38  | 6          | 2      | 5        | 36  | 6      | 2  | 4  | 2.0 | 3.1      | 6.5      |
|                      | Kl.2                        | 185 | 21         | 12     | 18       | 182 | 26     | 11 | 19 |     |          |          |
|                      | Kl.3                        | 252 | 40         | 14     | 26       | 254 | 36     | 15 | 26 |     |          |          |

<sup>1)</sup> Siehe Fußnote Tabelle 16.

#### 2.3.2.2. Häufigkeitsverteilung der Blutparameter in den Halothangruppen

Die Häufigkeiten der Genotypen der Systeme H, 6-PGD und ADA innerhalb der Halothanreaktionen weichen nicht signifikant von den erwarteten Werten ab (Tabelle 21).

Dagegen ist eine Kopplungsbeziehung bzw. Korrelation zwischen PHI bzw. CK-Klassen und der Halothanreaktion nachzuweisen. Halothanpositive Tiere besitzen vermehrt den Genotyp PHI-AA und seltener als erwartet PHI-AB, während die Verteilung des PHI-BB auf die Halothanreaktion den Erwartungen entspricht.

Hal(+)-Tiere kommen bevorzugt in der Kl.3 im 1.CK-Klassensystem vor, jedoch ist die Trennschärfe nicht sehr klar. 4% der Hal(+)-Tiere haben auch CK-Werte, die kleiner als logCK = 2.7 sind. Die Hal(-)-Tiere verteilen sich in etwa gleichmäßig auf die drei CK-Klassen. Es ist anzunehmen, daß es sich bei den Tieren mit hohen CK-Werten um heterozygote Tiere handelt.

Die gleichen Verhältnisse liegen bei logCK2 vor, wobei in etwa die gleiche Trennschärfe der beiden CK-Systeme gegenüber den Halothanreaktionen vorhanden ist.

Tabelle 21. Häufigkeitsverteilung und  $\chi^2$ -Test für Halothanreaktion und Blutparameter (MPA-Material).

| ! Systeme              | ! Typ  | ! Hal-Beob. | ! Hal-Erwart. | ! $\chi^2$ | !       |
|------------------------|--------|-------------|---------------|------------|---------|
| !                      | !      | ! Hal+!     | ! Hal-!       | ! Hal+!    | ! Hal-! |
| ! H                    | ! a/.  | ! 175       | ! 110         | ! 174      | ! 111   |
| ! n=418                | ! -/-  | ! 80        | ! 53          | ! 81       | ! 52    |
| ! PHI                  | ! AA   | ! 36        | ! 12          | ! 29       | ! 19    |
| !                      | ! AB   | ! 6         | ! 13          | ! 12       | ! 7     |
| ! n=418                | ! BB   | ! 213       | ! 138         | ! 214      | ! 137   |
| ! 6-PGD                | ! AA   | ! 48        | ! 26          | ! 45       | ! 29    |
| !                      | ! AB   | ! 79        | ! 61          | ! 85       | ! 55    |
| ! n=418                | ! BB   | ! 128       | ! 76          | ! 124      | ! 80    |
| ! ADA                  | ! A/.  | ! 197       | ! 120         | ! 193      | ! 124   |
| !                      | ! AB   | ! 26        | ! 17          | ! 26       | ! 17    |
| !                      | ! B/.  | ! 13        | ! 5           | ! 11       | ! 7     |
| ! n=418                | ! oo   | ! 19        | ! 21          | ! 24       | ! 16    |
| ! logCK1 <sup>1)</sup> | ! Kl.1 | ! 10        | ! 66          | ! 46       | ! 30    |
| !                      | ! Kl.2 | ! 38        | ! 50          | ! 54       | ! 34    |
| ! n=422                | ! Kl.3 | ! 208       | ! 50          | ! 157      | ! 101   |
| ! logCK2 <sup>1)</sup> | ! Kl.1 | ! 3         | ! 30          | ! 20       | ! 13    |
| !                      | ! Kl.2 | ! 68        | ! 99          | ! 102      | ! 65    |
| ! n=422                | ! Kl.3 | ! 185       | ! 37          | ! 135      | ! 87    |

<sup>1)</sup> Siehe Fußnote Tabelle 16.

#### 2.3.2.3. Halothanreaktion und CK-Aktivität

- Mittelwert und Standardabweichung getrennt nach Halothangruppen

Vergleicht man die CK-Werte der Tiere mit unterschiedlicher Halothanreaktion, ohne auf sonstige Einflüsse zu korrigieren, so sieht man, daß die halothanpositiven Tiere im Durchschnitt höhere Werte mit einer etwas höheren Standardabweichung haben (Tabelle 22). Dies bestätigt die Ergebnisse in Tabelle 21.

Der Unterschied zwischen den CK-Mittelwerten der beiden Halothanreaktionen ist statistisch hoch signifikant, wie die Tabelle 23 zeigt. Hal(+)-Tiere verfügen durchschnittlich über höhere CK-Werte.

Tabelle 22. Mittelwerte und Standardabweichungen der CK-Aktivität (logCK) je Halothanreaktion, MPA-Material:n=422

| Halothanreaktion | Tieranzahl | x    | s    |
|------------------|------------|------|------|
| Hal +            | 256        | 3.23 | 0.39 |
| Hal -            | 166        | 2.79 | 0.31 |

Tabelle 23. Varianzanalyse: Zusammenhang zwischen CK-Werten (logCK) und Halothanreaktion, n= 422

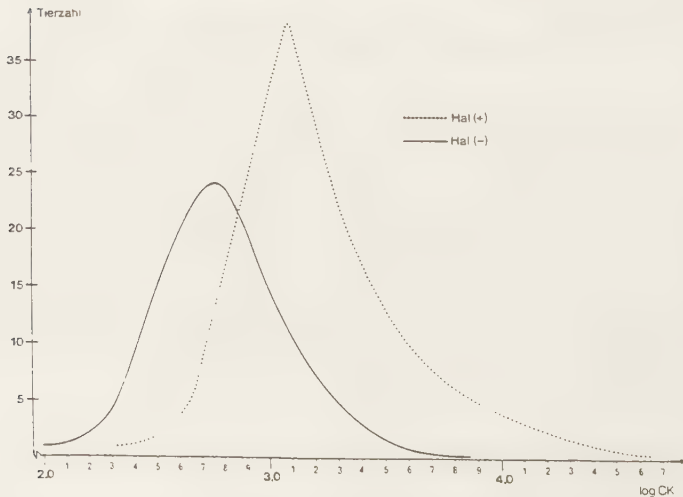
| Einflüsse         | FG  | F-Wert |      |
|-------------------|-----|--------|------|
| Halothan-reaktion | 1   | 104.14 | ***  |
| Prüfart           | 1   | 0.05   | n.s. |
| Testtag           | 37  | 2.41   | ***  |
| Rest-Fehler       | 379 | 0.34   |      |

LSQ-Mittelwerte:

Hal+ 3.17

Hal- 2.77  $r^2_{\text{mult.}} = 0.40$

Abb.5: CK-Aktivität getrennt nach Halothanreaktion (MPA-422 Tiere)



- Häufigkeitsverteilung der CK-Aktivität, getrennt nach Halothangruppen

Die Abbildung 5 zeigt die Frequenz der logCK-Werte, getrennt nach Halothanreaktion. Für die Hal(+)-Tiere liegt der kleinste Wert bei logCK = 2.33 und der größte bei logCK = 4.69. Hal(-)-Tiere haben Werte von logCK = 2.04 bis maximal logCK= 4.06. Wie aus der Abbildung entnommen werden kann, überschneiden sich die beiden Kurven bei einem Wert von ca. logCK = 2.87. Etwa 61% der untersuchten Tiere sind halothanpositiv. Aufgrund der Genfrequenzen ist mit etwa 34% heterozygot und 5% homozygot Hal(-)-Tieren zu rechnen. Jedoch läßt auch der CK-Wert keine zuverlässige Trennung der Genotypen zu.

Unterstellt man, daß die homozygoten Hal(-)-Tiere die niedrigsten CK- Werte haben, so würden 5% etwa einem Bereich von 2.04 bis 2.50 entsprechen, die restlichen Werte der Hal(-)-Kurve würden in diesem Modell auf die heterozygoten Tiere fallen.

### 2.3.3. Leistungsniveau der Tiere

#### 2.3.3.1. Mast- und Schlachtleistung sowie Handelsklassen

Die Tabelle 24 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der untersuchten Parameter der Mast- und Schlachtleistung im MPA-Material. Die ungleichen Tierzahlen erklären sich aus der Tatsache, daß im Routineschlachtbetrieb nicht immer alle Merkmale erfaßt werden können.

Tabelle 24. Mittelwerte der Mast- und Schlachtleistung im MPA-Material

| ! Merkmale                     | ! n-Tiere! | ! x     | ! s       |
|--------------------------------|------------|---------|-----------|
| ! TZ (g)                       | ! 405      | ! 763   | ! 78.94 ! |
| ! FV (kg)                      | ! 405      | ! 2.62  | ! 0.21 !  |
| ! Handelsklasse                | ! 403      | ! 0.82  | ! 0.63 !  |
| ! Körperlänge (cm)             | ! 403      | ! 98.8  | ! 2.23 !  |
| ! Rückenspeck (cm)             | ! 403      | ! 2.56  | ! 0.34 !  |
| ! Seitenspeck (cm)             | ! 403      | ! 2.41  | ! 0.53 !  |
| ! Speckmaß B (cm)              | ! 403      | ! 1.36  | ! 0.30 !  |
| ! Fl.Fläche (cm <sup>2</sup> ) | ! 403      | ! 45.14 | ! 4.35 !  |
| ! FL/Ft-Verh. (1:)             | ! 403      | ! 0.42  | ! 0.09 !  |
| ! Schinken-%                   | ! 403      | ! 31.60 | ! 1.06 !  |
| ! QB                           | ! 253      | ! 0.23  | ! 0.06 !  |

Bei den 403 Tiere des MPA-Materials wurden die Handelsklassen erfaßt, die in Tabelle 25 zusammengefaßt sind. 29% der Tiere gehören zur Handelsklasse Extra (E), 61% zur Klasse I, 9% zur Klasse II und nur 1% der Tiere gehören zur Klasse III. Mit einer Einstufung von ca. 90% der Schlachthälfte in Klassen E und I ist der Schlachtkörperwert der MPA-Tiere von hohem Niveau.

Im Feldmaterial wurde die Handelsklassen nicht erfaßt.

Tabelle 25. Häufigkeit der Handelsklassen (MPA-Material, n=403)

| ! Tieranzahl !  | ! Handelsklassen ! |          |         |         | ! |
|-----------------|--------------------|----------|---------|---------|---|
| ! und -Anteil ! | ! Extra !          | ! I !    | ! II !  | ! III ! | ! |
| ! n !           | ! 117 !            | ! 244 !  | ! 38 !  | ! 4 !   | ! |
| ! % !           | ! 29.0 !           | ! 60.6 ! | ! 9.4 ! | ! 1.0 ! | ! |

### 2.3.3.2. Fleischbeschaffenheit und Fleischbeschaffenheitsklassen

In Tabelle 26 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Merkmale der Fleischbeschaffenheit im Gesamt-, MPA- und Feldmaterial zusammengestellt. Für die Merkmale  $pH_1$  im Rückenmuskel ( $pH_{1RM}$ ) und im Schinken( $pH_{1S}$ ) zeigt das Feldmaterial höhere Werte (6.07 bzw. 6.01) als das MPA-Material (5.93 bzw. 5.97). 23 Stunden später sinkt der  $pH_{24}$ -Wert im Feldmaterial schneller ab als im MPA-Material. Der Göfo-Wert weist keinen Unter-

Tabelle 26. Mittelwerte der Fleischbeschaffenheitsparameter im Untersuchungsmaterial (Gesamt-, MPA- und Feldmaterial)

| ! Merkmale !     | ! Gesamtmat. ! |           |           | ! MPA ! |           | ! Feld ! |           | ! |
|------------------|----------------|-----------|-----------|---------|-----------|----------|-----------|---|
| !                | ! n !          | ! x !     | ! s !     | ! n !   | ! x !     | ! n !    | ! x !     | ! |
| ! pH 1 RM !      | ! 618 !        | ! 5.97 !  | ! 0.36 !  | ! 419 ! | ! 5.93 !  | ! 199 !  | ! 6.07 !  | ! |
| ! pH 1 S !       | ! 618 !        | ! 5.98 !  | ! 0.33 !  | ! 419 ! | ! 5.97 !  | ! 199 !  | ! 6.01 !  | ! |
| ! pH 24 RM !     | ! 618 !        | ! 5.70 !  | ! 0.18 !  | ! 419 ! | ! 5.73 !  | ! 199 !  | ! 5.66 !  | ! |
| ! pH 24 S !      | ! 618 !        | ! 5.87 !  | ! 0.27 !  | ! 419 ! | ! 5.94 !  | ! 199 !  | ! 5.73 !  | ! |
| ! Göfo 1 S !     | ! 613 !        | ! 69.71 ! | ! 11.28 ! | ! 414 ! | ! 70.81 ! | ! 199 !  | ! 67.43 ! | ! |
| ! Göfo 24 S !    | ! 598 !        | ! 74.98 ! | ! 11.73 ! | ! 416 ! | ! 75.33 ! | ! 182 !  | ! 74.20 ! | ! |
| ! Göfo 24 RM !   | ! 617 !        | ! 61.34 ! | ! 14.40 ! | ! 419 ! | ! 61.41 ! | ! 198 !  | ! 61.19 ! | ! |
| ! Saf 1 S(%) !   | ! 269 !        | ! 21.58 ! | ! 6.59 !  | ! 269 ! | ! 21.58 ! | ! - !    | ! - !     | ! |
| ! Saf 24 S(%) !  | ! 269 !        | ! 20.06 ! | ! 6.17 !  | ! 269 ! | ! 20.06 ! | ! - !    | ! - !     | ! |
| ! Saf 24 RM(%) ! | ! 269 !        | ! 24.56 ! | ! 2.22 !  | ! 269 ! | ! 24.56 ! | ! - !    | ! - !     | ! |
| ! R 1 - Wert !   | ! 595 !        | ! 1.11 !  | ! 0.12 !  | ! 396 ! | ! 1.12 !  | ! 199 !  | ! 1.09 !  | ! |
| ! Rig 1 S !      | ! 270 !        | ! 11.46 ! | ! 2.45 !  | ! 270 ! | ! 11.46 ! | ! - !    | ! - !     | ! |
| ! Rig 24 S !     | ! 267 !        | ! 11.14 ! | ! 2.49 !  | ! 267 ! | ! 11.14 ! | ! - !    | ! - !     | ! |
| ! Rig 24 RM !    | ! 267 !        | ! 9.25 !  | ! 5.46 !  | ! 267 ! | ! 9.25 !  | ! - !    | ! - !     | ! |

schied auf, obwohl der Göfo<sub>1</sub> im MPA-Material (70.81) höher ist als Göfo<sub>1</sub> im Feldmaterial (67.43). Das Safthaltevermögen wurde nur am MPA-Material erfaßt. Das locker gebundene Wasser beträgt im Schinken in der ersten Stunde p.m. 21.58% und 23 Stunden später 20.06% bzw. 24.56% im Schinken bzw. Rückenmuskel. Der Refraktometer-Wert unterscheidet sich nicht zwischen MPA- und Feldmaterial. Die Unterschiede der pH-Werte zwischen MPA- und Feldmaterial scheinen der einzige Hinweis auf das gehäufte Auftreten von Fleischbeschaffenheitsmängeln im Rückenmuskel (PSE) und Schinken (DFD) von MPA-Tieren gegenüber den Feldtieren (Tabelle 27) zu sein. Doch zeigt die Tabelle 27, wie sich die Tiere im Gesamt-, MPA- und Feldmaterial auf die Fleischbeschaffenheitsklassen im Rückenmuskel und in der Schinkenmuskulatur verteilen. Die Fleischbeschaffenheitsklassen wurden wie nach SCHWÖRER (1982) und den MPA-Richtlinien definiert entsprechend den pH-Werten im Rückenmuskel und Schinken sowie dem Göfo-Wert nach dem folgenden Schema:

|                                  |                                                               |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| PSE-Fleisch                      | : pH <sub>1</sub> < 5.6                                       |
| PSE-verdächtiges-Fleisch(PSE-v.) | : 5.6 ≤ pH <sub>1</sub> < 5.8                                 |
| DFD-verdächtiges-Fleisch(DFD-v.) | : 80 ≤ Göfo <sub>24</sub> und<br>6.0 < pH <sub>24</sub> ≤ 6.2 |
| DFD-Fleisch                      | : 80 ≤ Göfo <sub>24</sub> und<br>6.2 ≤ pH <sub>24</sub>       |

Das Fleisch, das nicht unter diese Bedingungen fällt, wird als normales Fleisch bezeichnet.

Tabelle 27. Häufigkeit der Fleischbeschaffenheitsklassen im Gesamt-, MPA- und Feldmaterial im Rückenmuskel und Schinkenmuskulatur

| !Fleisch-!<br>!qualit.-!<br>!Klassen | ! Anteil im Rückenmuskel ! |              |               | ! Anteil im Schinken ! |              |               |
|--------------------------------------|----------------------------|--------------|---------------|------------------------|--------------|---------------|
|                                      | Gesamt!<br>n=623           | MPA<br>n=422 | Feld<br>n=201 | Gesamt!<br>n=623       | MPA<br>n=422 | Feld<br>n=201 |
| !Normal                              | 60.4                       | 54.3         | 73.1          | 49.3                   | 44.8         | 58.7          |
| !PSE                                 | 19.7                       | 24.4         | 10.0          | 17.2                   | 16.1         | 19.4          |
| !PSE<br>!verd.                       | 16.3                       | 17.5         | 13.9          | 14.7                   | 16.1         | 11.9          |
| !DFD<br>!verd.                       | 2.8                        | 3.1          | 2.0           | 9.0                    | 11.1         | 4.5           |
| !DFD                                 | 0.8                        | 0.7          | 1.0           | 9.8                    | 11.9         | 5.5           |

Im MPA-Material haben 54% der Tiere normales Fleisch im Rückenmuskel und 45% im Schinken. Faßt man das PSE-, PSE-v.-, DFD-v.- und DFD-Fleisch zusammen, so beträgt der Anteil von Tieren mit Fleischbeschaffenheitsmängeln im Rückenmuskel 46% und im Schinken 55%.

Im Vergleich dazu haben im Feldmaterial 73% der Tiere gute Fleischbeschaffenheit im Rückenmuskel und 59% im Schinken. Die Fleischbeschaffenheitsmängel wurden bei 27% der Tiere im Rückenmuskel und bei 41% im Schinken festgestellt. Das Feldmaterial zeigt also eine deutliche Überlegenheit im Anteil von normalem Fleisch im Rückenmuskel und Schinken gegenüber den MPA-Tieren und auch im kleineren Anteil an PSE (PSE+PSE-v.)-Fleisch im Rückenmuskel. Der Anteil an DFD (DFD+DFD-v.)-Fleisch für den Schinken ist höher im MPA- als im Feldmaterial.

Im Vergleich zum Schinken traten mindestens 10% weniger Fleischbeschaffenheitsmängel im Rückenmuskel auf im Gesamt-, MPA- und Feldmaterial. Der Unterschied ist besonders deutlich für das DFD-v.- und DFD-Fleisch. Der Anteil an diesen Fleischbeschaffenheitsmängeln ist im Schinken durchgehend höher, während der PSE-Anteil im Rückenmuskel im MPA-Material höher ist.

#### 2.3.4. Zusammenhänge zwischen Blutgruppenmarkern, Halothanreaktion, CK-Aktivität und Leistungen

##### 2.3.4.1. Zusammenhang der Blutpolymorphismen

- mit der Mast- und Schlachtleistung und der Häufigkeitsverteilung der Handelsklassen.

##### . H-Blutgruppensystem

Wie aus Tabelle 28a ersichtlich ist, besteht nur ein ganz geringer Zusammenhang zwischen dem H-Blutgruppensystem und dem Speckmaß B, der Fettfläche bzw. dem Fleisch/Fett-Verhältnis und dem QB. Der Typ a/. ist mit seinem kleineren Speckmaß B und QB Wert, der geringeren Fettfläche und damit günstigerem Fleisch/Fett-Verhältnis dem Typ H-/ überlegen (Tabelle 28b).

##### . PHI-Enzysystem

Die Tabelle 29 zeigt die Variation der Mast- und Schlachtleistung bezüglich des PHI-Systems. Es scheinen nur die Rücken- und Seitenspeckdicke mit dem PHI-System im signifikanten Zusammenhang zu stehen. Der Typ PHI-AA zeigt die dünnste Rücken- und Seitenspeckdicke, während kein Unterschied zwischen PHI-AB und PHI-BB besteht (Tabelle 29b).

##### . 6-PGD-Enzysystem

Es besteht ein schwach signifikanter Zusammenhang zwischen dem 6-PGD-System und dem Rückenspeck, wobei PGD-AA-Tiere den günstigeren Wert besitzen (2.45 cm). Keine Unterschiede bestehen zwischen Tieren mit PGD-AB (2.58 cm) und PGD-BB (2.56 cm) (Tabelle 30a,b).

Tabelle 28. Unterschiede zwischen Allelen des H-Blutgruppensystems bezüglich der Mast- und Schlachtleistung (MPA-Material)

a) Varianzanalyse für das H-System

| ! Merkmal          | ! Rest   | ! Fehler | ! $r^2$  | ! H         | ! F-Wert  | ! Schlachttg. |
|--------------------|----------|----------|----------|-------------|-----------|---------------|
| ! FG=398!          | ! mult.! | !        | !        | !           | !         | !             |
| ! TZ               | ! 78.73  | ! 0.02   | ! 1.09   | ! 2.31      | ! 3.73    | !             |
| ! FV               | ! 0.20   | ! 0.06   | ! 2.04   | ! 23.54 *** | ! 1.69    | !             |
| ! HKlasse          | ! 0.62   | ! 0.02   | ! 0.83   | ! 2.92      | ! 5.56 *  | !             |
| ! Kö.Länge         | ! 2.20   | ! 0.02   | ! 0.14   | ! 0.01      | ! 6.95 ** | !             |
| ! Rück.Speck       | ! 0.33   | ! 0.03   | ! 1.35   | ! 9.31 **   | ! 1.05    | !             |
| ! Seit.Speck       | ! 0.53   | ! 0.02   | ! 0.50   | ! 4.92 *    | ! 1.76    | !             |
| ! Speckmaß B       | ! 0.29   | ! 0.05   | ! 3.93 * | ! 16.48 *** | ! 1.12    | !             |
| ! Fl.Fläche        | ! 4.26   | ! 0.05   | ! 3.44   | ! 17.20 *** | ! 0.01    | !             |
| ! Ft.Fläche        | ! 2.83   | ! 0.05   | ! 4.33 * | ! 15.03 *** | ! 0.56    | !             |
| ! Fl/Ft-Verh.      | ! 0.09   | ! 0.06   | ! 6.09 * | ! 21.89 *** | ! 0.06    | !             |
| ! Sch.-%           | ! 1.06   | ! 0.01   | ! 1.94   | ! 1.83      | ! 1.21    | !             |
| ! QB <sup>1)</sup> | ! 0.06   | ! 0.04   | ! 3.95 * | ! 7.66 **   | ! 0.07    | !             |

1) FG = 247

b) LSQ-Mittelwerte des H-Systems

| ! Merkmal     | ! LSQ-Mittelwerte | ! des H-Syst.für Typ | ! F-Wert |
|---------------|-------------------|----------------------|----------|
| ! a/.         | ! -/-             | !                    | !        |
| ! TZ          | ! 761             | ! 770                | ! 1.09   |
| ! FV          | ! 2.60            | ! 2.63               | ! 2.04   |
| ! HKlasse     | ! 0.80            | ! 0.86               | ! 0.83   |
| ! Kö.Länge    | ! 98.8            | ! 98.9               | ! 0.14   |
| ! Rück.Speck  | ! 2.56            | ! 2.52               | ! 1.35   |
| ! Seit.Speck  | ! 2.41            | ! 2.37               | ! 0.50   |
| ! Speckmaß B  | ! 1.33            | ! 1.39               | ! 3.93 * |
| ! Fl.Fläche   | ! 45.55           | ! 44.69              | ! 3.44   |
| ! Ft.Fläche   | ! 18.47           | ! 19.11              | ! 4.33 * |
| ! Fl/Ft-Verh. | ! 0.41            | ! 0.43               | ! 6.09 * |
| ! Sch.-%      | ! 31.65           | ! 31.49              | ! 1.94   |
| ! QB          | ! 0.22            | ! 0.24               | ! 3.95 * |

Tabelle 29. Unterschiede zwischen Allelen des PHI-Enzymsystems bezüglich der Mast- und Schlachtleistung (MPA-Material)

a) Varianzanalyse für das PHI-System.

| ! Merkmal          | ! Rest  | ! Fehler! | ! r <sup>2</sup> | ! F-Wert    |            |                | ! |
|--------------------|---------|-----------|------------------|-------------|------------|----------------|---|
| ! FG=397!          | ! mult. | !         | !                | ! PHI       | ! Prüffart | ! Schlachtgew! | ! |
| ! TZ               | ! 78.63 | ! 0.02    | ! 1.56           | ! 1.65      | ! 3.68     | !              | ! |
| ! FV               | ! 0.21  | ! 0.06    | ! 0.01           | ! 21.23 *** | ! 1.55     | !              | ! |
| ! HKlasse          | ! 0.62  | ! 0.02    | ! 0.26           | ! 2.24      | ! 5.83 *   | !              | ! |
| ! Kö.Länge         | ! 2.21  | ! 0.02    | ! 0.24           | ! 0.01      | ! 6.62 *   | !              | ! |
| ! Rück.Speck       | ! 0.33  | ! 0.08    | ! 10.60 ***      | ! 6.07 *    | ! 1.59     | !              | ! |
| ! Seit.Speck       | ! 0.52  | ! 0.04    | ! 4.88 **        | ! 3.28      | ! 2.24     | !              | ! |
| ! Speckmaß B       | ! 0.29  | ! 0.04    | ! 0.27           | ! 14.85 *** | ! 0.87     | !              | ! |
| ! Fl.Fläche        | ! 4.27  | ! 0.04    | ! 0.56           | ! 16.31 *** | ! 0.02     | !              | ! |
| ! Ft.Fläche        | ! 2.84  | ! 0.04    | ! 1.24           | ! 13.99 *** | ! 0.84     | !              | ! |
| ! Fl/Ft-Verh.      | ! 0.09  | ! 0.05    | ! 0.75           | ! 20.40 *** | ! 0.17     | !              | ! |
| ! Schinken-%       | ! 1.06  | ! 0.01    | ! 0.27           | ! 1.51      | ! 1.43     | !              | ! |
| ! QB <sup>1)</sup> | ! 0.06  | ! 0.04    | ! 1.43           | ! 8.02 **   | ! 0.00     | !              | ! |

<sup>1)</sup> FG = 246

b) LSQ-Mittelwerte für das PHI-System

| ! Merkmal     | ! LSQ-Mittelwerte des PHI-Systems für Typ |         |         | ! F-Wert    | ! |
|---------------|-------------------------------------------|---------|---------|-------------|---|
| !             | ! AA                                      | ! AB    | ! BB    | !           | ! |
| ! TZ          | ! 780                                     | ! 743   | ! 763   | ! 1.56      | ! |
| ! FV          | ! 2.60                                    | ! 2.61  | ! 2.61  | ! 0.01      | ! |
| ! HKlasse     | ! 0.81                                    | ! 0.92  | ! 0.82  | ! 0.26      | ! |
| ! Kö.Länge    | ! 98.9                                    | ! 99.0  | ! 98.8  | ! 0.24      | ! |
| ! Rück.Speck  | ! 2.34a                                   | ! 2.62b | ! 2.58b | ! 10.60 *** | ! |
| ! Seit.Speck  | ! 2.17a                                   | ! 2.43b | ! 2.42b | ! 4.88 **   | ! |
| ! Speckmaß B  | ! 1.37                                    | ! 1.36  | ! 1.34  | ! 0.27      | ! |
| ! Fl.Fläche   | ! 45.10                                   | ! 46.31 | ! 45.24 | ! 0.56      | ! |
| ! Ft.Fläche   | ! 19.23                                   | ! 19.08 | ! 18.58 | ! 1.24      | ! |
| ! Fl/Ft-Verh. | ! 0.43                                    | ! 0.42  | ! 0.42  | ! 0.75      | ! |
| ! Schinken-%  | ! 31.52                                   | ! 31.50 | ! 31.62 | ! 0.27      | ! |
| ! QB          | ! 0.30                                    | ! 0.22  | ! 0.23  | ! 1.43      | ! |

Tabelle 30. Unterschiede zwischen Allelen des 6-PGD-Systems bezüglich der Mast- und Schlachtleistung (MPA-Material)

a) Varianzanalyse für das 6-PGD-System

|                  | Rest   |                |        | F-Wert    |              |
|------------------|--------|----------------|--------|-----------|--------------|
| Merkmal          | Fehler | r <sup>2</sup> |        |           |              |
|                  | FG=397 | mult.          | PGD    | Prüfart   | Schlachtgew. |
| TZ               | 78.46  | 0.03           | 2.42   | 2.20      | 3.57         |
| FV               | 0.20   | 0.06           | 1.21   | 21.32 *** | 1.44         |
| HKlasse          | 0.62   | 0.03           | 1.61   | 3.02      | 6.32 *       |
| Kö.Länge         | 2.21   | 0.02           | 0.38   | 0.00      | 7.32 **      |
| Rück.Speck       | 0.33   | 0.05           | 3.87 * | 9.63 **   | 1.19         |
| Seit.Speck       | 0.53   | 0.02           | 0.98   | 5.07 *    | 1.85         |
| Speckmaß B       | 0.29   | 0.04           | 0.12   | 14.91 *** | 0.88         |
| Fl.Fläche        | 4.26   | 0.05           | 1.82   | 16.67 *** | 0.09         |
| Ft.Fläche        | 2.84   | 0.04           | 0.10   | 13.50 *** | 0.72         |
| Fl/Ft-Verh.      | 0.09   | 0.05           | 0.89   | 20.16 *** | 0.20         |
| Schinken-%       | 1.06   | 0.01           | 0.19   | 1.53      | 1.35         |
| QB <sup>1)</sup> | 0.06   | 0.04           | 0.94   | 6.77 **   | 0.01         |

<sup>1)</sup> FG = 246

b) LSQ-Mittelwerte für das 6-PGD-System

|              | LSQ-Mittelwerte des   |       |       |         |
|--------------|-----------------------|-------|-------|---------|
| !Merkmal     | 6-PGD-Systems für Typ |       |       | !F-Wert |
|              | AA                    | AB    | BB    |         |
| !TZ          | 772                   | 772   | 755   | 2.42    |
| !FV          | 2.60                  | 2.59  | 2.62  | 1.21    |
| !HKlasse     | 0.89                  | 0.86  | 0.76  | 1.61    |
| !Kö.Länge    | 98.7                  | 98.7  | 98.9  | 0.38    |
| !Rück.Speck  | 2.45a                 | 2.58b | 2.56b | 3.87 *  |
| !Seit.Speck  | 2.32                  | 2.42  | 2.41  | 0.98    |
| !Speckmaß B  | 1.35                  | 1.36  | 1.34  | 0.12    |
| !Fl.Fläche   | 44.84                 | 44.91 | 45.70 | 1.82    |
| !Ft.Fläche   | 18.79                 | 18.70 | 18.62 | 0.10    |
| !Fl/Ft-Verh. | 0.43                  | 0.42  | 0.41  | 0.89    |
| !Schinken-%  | 31.53                 | 31.62 | 31.62 | 0.19    |
| !QB          | 0.23                  | 0.23  | 0.22  | 0.94    |

# . ADA-Enzymsystem

Das ADA-System scheint keine signifikante Beziehung zur Mast- und Schlachtleistung zu haben, obwohl der Unterschied zwischen ADA-B/. und ADA-oo bezüglich der Handelsklasse und zwischen B/. und A/. bzw. AB bezüglich der täglichen Zunahme relativ hoch ist (Tabelle 31).

Tabelle 31. Unterschiede zwischen den Allelen des ADA-Enzymsystems bezüglich der Mast- und Schlachtleistung (MPA-Material)

## a) Varianzanalyse für das ADA-System

| !                 | !         | !        | F-Wert   |               |                     | ! |
|-------------------|-----------|----------|----------|---------------|---------------------|---|
| !                 | !         | !        |          |               |                     | ! |
| !Merkmal          | ! Fehler! | $r^2$    |          |               |                     | ! |
| !                 | ! FG=396! | ! mult.! | ! ADA    | ! Prüfarm     | ! Schlachtleistung! | ! |
| !                 | !         | !        | !        | !             | !                   | ! |
| !TZ               | ! 78.31 ! | ! 0.03 ! | ! 2.46 ! | ! 2.49 !      | ! 3.62 !            | ! |
| !FV               | ! 0.21 !  | ! 0.06 ! | ! 0.02 ! | ! 22.01 *** ! | ! 1.54 !            | ! |
| !HKlasse          | ! 0.62 !  | ! 0.03 ! | ! 1.55 ! | ! 2.36 !      | ! 4.75 * !          | ! |
| !Kö.Länge         | ! 2.21 !  | ! 0.02 ! | ! 0.41 ! | ! 0.00 !      | ! 7.27 ** !         | ! |
| !Rück.Speck       | ! 0.34 !  | ! 0.03 ! | ! 0.25 ! | ! 10.09 ** !  | ! 1.15 !            | ! |
| !Seit.Speck       | ! 0.53 !  | ! 0.03 ! | ! 1.33 ! | ! 5.36 * !    | ! 2.48 !            | ! |
| !Speckmaß B       | ! 0.29 !  | ! 0.04 ! | ! 0.87 ! | ! 14.81 *** ! | ! 1.38 !            | ! |
| !Fl.Fläche        | ! 4.26 !  | ! 0.05 ! | ! 1.58 ! | ! 15.59 *** ! | ! 0.01 !            | ! |
| !Ft.Fläche        | ! 2.84 !  | ! 0.04 ! | ! 1.01 ! | ! 13.41 *** ! | ! 0.38 !            | ! |
| !Fl/Ft-Verh.      | ! 0.09 !  | ! 0.05 ! | ! 0.59 ! | ! 19.37 *** ! | ! 0.04 !            | ! |
| !Schinken-%       | ! 1.06 !  | ! 0.01 ! | ! 0.79 ! | ! 1.37 !      | ! 0.92 !            | ! |
| !QB <sup>1)</sup> | ! 0.06 !  | ! 0.04 ! | ! 0.94 ! | ! 6.37 * !    | ! 0.03 !            | ! |

<sup>1)</sup> FG = 245

## b) LSQ-Mittelwerte für das ADA-System

| !         | LSQ-Mittelwerte des ADA-Systems für Typ |           |           |            | F-Wert   | ! |
|-----------|-----------------------------------------|-----------|-----------|------------|----------|---|
| !         | !                                       | !         | !         | !          | !        | ! |
| !         | ! A/.                                   | ! AB      | ! B/.     | ! oo       | !        | ! |
| !         | !                                       | !         | !         | !          | !        | ! |
| !TZ       | ! 761 !                                 | ! 761 !   | ! 810 !   | ! 773.02 ! | ! 2.46 ! | ! |
| !FV       | ! 2.61 !                                | ! 2.60 !  | ! 2.60 !  | ! 2.61 !   | ! 0.02 ! | ! |
| !HKlasse  | ! 0.83 !                                | ! 0.76 !  | ! 0.57 !  | ! 0.94 !   | ! 1.55 ! | ! |
| !Kö.Länge | ! 98.77 !                               | ! 98.56 ! | ! 99.01 ! | ! 99.09 !  | ! 0.41 ! | ! |
| !Rück.Sp. | ! 2.55 !                                | ! 2.54 !  | ! 2.50 !  | ! 2.52 !   | ! 0.25 ! | ! |
| !Seit.Sp. | ! 2.42 !                                | ! 2.25 !  | ! 2.36 !  | ! 2.36 !   | ! 1.33 ! | ! |
| !SpMaß B  | ! 1.36 !                                | ! 1.28 !  | ! 1.35 !  | ! 1.36 !   | ! 0.87 ! | ! |
| !Fl.Flä.  | ! 45.44 !                               | ! 45.46 ! | ! 44.14 ! | ! 43.97 !  | ! 1.58 ! | ! |
| !Ft.Flä.  | ! 18.78 !                               | ! 17.97 ! | ! 18.58 ! | ! 18.63 !  | ! 1.01 ! | ! |
| !Fl/Ft-V. | ! 0.42 !                                | ! 0.40 !  | ! 0.43 !  | ! 0.43 !   | ! 0.59 ! | ! |
| !Sch.-%   | ! 31.57 !                               | ! 31.77 ! | ! 31.84 ! | ! 31.54 !  | ! 0.79 ! | ! |
| !QB       | ! 0.23 !                                | ! 0.21 !  | ! 0.23 !  | ! 0.24 !   | ! 0.94 ! | ! |

## . Bluttypen

Betrachtet man den gleichzeitigen Zusammenhang der Gesamtbluttypen zu Merkmalen der Mast- und Schlachtleistung, so ergeben sich nur für die Rücken- und Seitenspeckdicke signifikante F-Werte (Tabelle 32).

Die in Tabelle 32b berücksichtigten Bluttypen sind nur diejenigen, die bei mindestens 4 Tieren vorkommen. Die Bluttypen, die mit den besseren Leistungen (Rückenspeckdicke < 2.55 cm und Seitenspeckdicke < 2.35 cm) verbunden sind, wurden mit a gekennzeichnet. Die sog. schlechteren Werte sind mit b bezeichnet und liegen über den Grenzen. Beste Rücken- (2.28 cm) und Seitenspeckdicke (2.09 cm) wird vom Genotyp Ha/., PHI-BB, PGD-AB, ADA-B/. aufgewiesen und der Genotyp H-/-, PHI-BB, PGD-AA, ADA-A/. besitzt die ungünstigste Ausprägung der Rücken- (2.93 cm) und Seitenspeckdicke (2.86 cm). Bei einzelnen Blutpolymorphismen stehen die Merkmale nur mit PHI in Beziehung und teilweise mit 6-PGD, wobei der Typ AA die beste Leistung bezüglich dieser Merkmale zeigt. Der einzige Genotyp, der gleichzeitig AA im PHI- und 6-PGD-System enthält, besitzt günstige Werte für die betreffenden Merkmale. Da nicht alle möglichen Genotypen in Tabelle 32b aufgeführt sind, wird die Signifikanz der Beziehung nicht sehr deutlich.

## . Häufigkeitsverteilung der Blutpolymorphismen gegenüber den Handelsklassen

Die Verteilung der Handelsklassen gegenüber den Blutpolymorphismen entspricht den aus Frequenzen erwarteten Werten, d.h. es kann kein Einfluß der Blutpolymorphismen auf die Handelsklasse festgestellt werden. Die  $\chi^2$ -Werte waren hier nicht signifikant (Tabelle 33).

- mit der Fleischbeschaffenheit und Häufigkeitsverteilung der Fleischbeschaffenheitsklassen

## . H-Blutgruppensystem

In Tabellen 34 und 35 sind die Varianzanalysen des H-Systems für Merkmale der Fleischbeschaffenheit getrennt nach MPA- und Feldmaterial zusammengestellt. Im MPA-Material (Tabelle 34) ist eine Beziehung des H-Systems zum  $pH_1$  im Rückenmuskel und Schinken, zum  $Göfo_1$  im Schinken ( $Göfo_1S$ ) und  $Göfo_{24}$  im Rückenmuskel ( $Göfo_{24}RM$ ) und zum  $R_1$ -Wert erkennbar. Dabei haben die Tiere vom Typ H-/- die günstigeren Werte.

Im Feldmaterial ist nur die Beziehung des H-Systems zum  $R_1$ -Wert signifikant, wobei die Ha/-Tiere den höheren Wert zeigen (Tabelle 35).

Tabelle 32. Einfluß der Bluttypen auf die Merkmale der Mast- und Schlachtleistung (MPA-Material)

a) Varianzanalyse für den Gesamtbluttyp

| ! Merkmal          | ! Rest- !<br>! Fehler !<br>! FG=366 ! | ! $r^2$ !<br>! mult. ! | ! F-Wert !  |               |                  |
|--------------------|---------------------------------------|------------------------|-------------|---------------|------------------|
| !                  | !                                     | !                      | ! Bluttyp ! | ! Prüfarm !   | ! Schlachtgew. ! |
| ! TZ               | ! 77.26 !                             | ! 0.13 !               | ! 1.47 !    | ! 0.68 !      | ! 2.43 !         |
| ! FV               | ! 0.21 !                              | ! 0.11 !               | ! 0.67 !    | ! 19.86 *** ! | ! 1.38 !         |
| ! HKlasse          | ! 0.62 !                              | ! 0.10 !               | ! 0.89 !    | ! 1.94 !      | ! 2.99 !         |
| ! Kö.Länge         | ! 2.22 !                              | ! 0.08 !               | ! 0.81 !    | ! 0.02 !      | ! 7.53 ** !      |
| ! Rück.Speck       | ! 0.32 !                              | ! 0.17 !               | ! 1.84 ** ! | ! 4.64 * !    | ! 3.23 !         |
| ! Seit.Speck       | ! 0.51 !                              | ! 0.15 !               | ! 1.73 ** ! | ! 3.29 !      | ! 3.08 !         |
| ! Speckmaß B       | ! 0.29 !                              | ! 0.12 !               | ! 1.01 !    | ! 15.50 *** ! | ! 2.14 !         |
| ! Fl.Fläche        | ! 4.24 !                              | ! 0.13 !               | ! 1.16 !    | ! 17.30 *** ! | ! 0.17 !         |
| ! Ft.Fläche        | ! 2.84 !                              | ! 0.11 !               | ! 0.95 !    | ! 13.83 *** ! | ! 0.20 !         |
| ! Fl/Ft-Verh.      | ! 0.09 !                              | ! 0.14 !               | ! 1.14 !    | ! 21.77 *** ! | ! 0.01 !         |
| ! Schinken-%       | ! 1.07 !                              | ! 0.06 !               | ! 0.66 !    | ! 1.44 !      | ! 0.28 !         |
| ! QB <sup>1)</sup> | ! 0.06 !                              | ! 0.17 !               | ! 1.19 !    | ! 10.94 ** !  | ! 0.23 !         |

<sup>1)</sup> FG = 217

b) LSQ-Mittelwerte für Rücken- und Seitenspeckdicke nach Blut-  
typen

| ! Bluttypen ! |       |         |       | ! Rückenspeck ! |       | ! Seitenspeck ! |       |
|---------------|-------|---------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
| ! H           | ! PHI | ! 6-PGD | ! ADA | ! n             | ! LSQ | ! n             | ! LSQ |
| ! a/. AB      | ! AB  | ! A/.   | ! 4   | ! 2.79 b        | ! 4   | ! 2.40 b        | !     |
| ! a/. BB      | ! AA  | ! A/.   | ! 12  | ! 2.62 b        | ! 12  | ! 2.52 b        | !     |
| ! a/. BB      | ! AA  | ! AB    | ! 4   | ! 2.31 a        | ! 4   | ! 2.16 a        | !     |
| ! a/. BB      | ! AB  | ! A/.   | ! 76  | ! 2.58 b        | ! 76  | ! 2.44 b        | !     |
| ! a/. BB      | ! AB  | ! AB    | ! 11  | ! 2.39 a        | ! 11  | ! 2.18 a        | !     |
| ! a/. BB      | ! AB  | ! B/.   | ! 6   | ! 2.28 a        | ! 6   | ! 2.09 a        | !     |
| ! a/. BB      | ! AB  | ! oo    | ! 6   | ! 2.57 b        | ! 6   | ! 2.41 b        | !     |
| ! a/. BB      | ! BB  | ! A/.   | ! 107 | ! 2.57 b        | ! 107 | ! 2.46 b        | !     |
| ! a/. BB      | ! BB  | ! AB    | ! 16  | ! 2.67 b        | ! 16  | ! 2.32 a        | !     |
| ! a/. BB      | ! BB  | ! B/.   | ! 6   | ! 2.65 b        | ! 6   | ! 2.29 a        | !     |
| ! a/. BB      | ! BB  | ! oo    | ! 15  | ! 2.50 a        | ! 15  | ! 2.34 a        | !     |
| ! -/- AA      | ! AA  | ! A/.   | ! 44  | ! 2.34 a        | ! 44  | ! 2.14 a        | !     |
| ! -/- BB      | ! AA  | ! A/.   | ! 6   | ! 2.93 b        | ! 6   | ! 2.86 b        | !     |
| ! -/- BB      | ! AB  | ! A/.   | ! 20  | ! 2.67 b        | ! 20  | ! 2.58 b        | !     |
| ! -/- BB      | ! BB  | ! A/.   | ! 32  | ! 2.55 a        | ! 32  | ! 2.38 b        | !     |
| ! -/- BB      | ! BB  | ! AB    | ! 4   | ! 2.64 b        | ! 4   | ! 2.22 a        | !     |
| ! F-Wert !    |       |         |       | ! 1.84 ** !     |       | ! 1.73 ** !     |       |

a : bester Wert

b : schlechter Wert

Tabelle 33. Verteilung der Tiere nach Halothanreaktion, Blutpolymorphismen und CK-Aktivität unter den Handelsklassen (MPA-Material)

| Systeme              | Typ  | Handelsklassen |     |    |     |          |     |    |     |          |  |  |  | $\chi^2$ |
|----------------------|------|----------------|-----|----|-----|----------|-----|----|-----|----------|--|--|--|----------|
|                      |      | Beobachtet     |     |    |     | Erwartet |     |    |     |          |  |  |  |          |
|                      |      | E              | I   | II | III | E        | I   | II | III |          |  |  |  |          |
| Hal                  | Hal+ | 98             | 137 | 14 | 1   | 73       | 151 | 24 | 2   | 39.6 *** |  |  |  |          |
| n=403                | hal- | 19             | 107 | 24 | 3   | 44       | 93  | 14 | 2   |          |  |  |  |          |
| H                    | a/.  | 78             | 173 | 20 | 3   | 79       | 166 | 26 | 3   | 5.4      |  |  |  |          |
| n=401                | -/-  | 38             | 70  | 18 | 1   | 37       | 77  | 12 | 1   |          |  |  |  |          |
| PHI                  | AA   | 17             | 24  | 6  | 0   | 14       | 28  | 4  | 1   | 4.5      |  |  |  |          |
|                      | AB   | 4              | 11  | 3  | 0   | 5        | 11  | 2  | 0   |          |  |  |  |          |
| n=401                | BB   | 95             | 208 | 29 | 4   | 97       | 204 | 32 | 3   |          |  |  |  |          |
| 6-PGD                | AA   | 19             | 45  | 10 | 0   | 21       | 45  | 7  | 1   | 5.6      |  |  |  |          |
|                      | AB   | 35             | 86  | 14 | 1   | 40       | 82  | 13 | 1   |          |  |  |  |          |
| n=401                | BB   | 62             | 112 | 14 | 3   | 55       | 116 | 18 | 2   |          |  |  |  |          |
| ADA                  | A/.  | 88             | 188 | 30 | 4   | 90       | 188 | 29 | 3   | 9.3      |  |  |  |          |
|                      | AB   | 13             | 27  | 2  | 0   | 12       | 25  | 4  | 1   |          |  |  |  |          |
| n=401                | B/.  | 8              | 10  | 0  | 0   | 5        | 11  | 2  | 0   |          |  |  |  |          |
|                      | oo   | 7              | 18  | 6  | 0   | 9        | 19  | 3  | 0   |          |  |  |  |          |
| logCK1 <sup>1)</sup> | K1.1 | 3              | 53  | 9  | 2   | 19       | 41  | 6  | 1   | 54.4 *** |  |  |  |          |
|                      | K1.2 | 16             | 51  | 18 | 0   | 25       | 51  | 8  | 1   |          |  |  |  |          |
| n=403                | K1.3 | 98             | 140 | 11 | 2   | 73       | 152 | 24 | 2   |          |  |  |  |          |
| logCK2 <sup>1)</sup> | K1.1 | 1              | 20  | 5  | 2   | 8        | 17  | 6  | 1   | 50.1 *** |  |  |  |          |
|                      | K1.2 | 27             | 108 | 22 | 1   | 46       | 96  | 14 | 2   |          |  |  |  |          |
| n=403                | K1.3 | 89             | 116 | 11 | 1   | 63       | 131 | 21 | 2   |          |  |  |  |          |

<sup>1)</sup> Siehe Fußnote Tabelle 16.

Tabelle 34. Unterschiede zwischen Allelen des H-Blutgruppensystems bezüglich der Fleischbeschaffenheit (MPA)

a) Varianzanalyse für das H-System

| !                        | !          | !       | ! | F-Wert     |          |             | ! |
|--------------------------|------------|---------|---|------------|----------|-------------|---|
| !                        | ! Rest     | !       | ! |            |          |             | ! |
| !Merkmal                 | ! Fehler   | ! $r^2$ | ! | !          | ! Prüf-  | ! Schlacht- | ! |
| !                        | ! (FG=372) | ! mult. | ! | ! H        | ! art    | ! tag       | ! |
| !pH 1 RM                 | ! 0.35     | ! 0.15  | ! | ! 9.23 **  | ! 0.48   | ! 1.63      | ! |
| !pH 24 RM                | ! 0.17     | ! 0.22  | ! | ! 0.94     | ! 0.43   | ! 2.68 ***  | ! |
| !pH 1 S                  | ! 0.32     | ! 0.10  | ! | ! 4.03 *   | ! 0.15   | ! 1.17      | ! |
| !pH 24 S                 | ! 0.25     | ! 0.20  | ! | ! 1.50     | ! 1.78   | ! 2.36 ***  | ! |
| !Göfo 1 S                | ! 9.22     | ! 0.36  | ! | ! 6.98 **  | ! 5.27 * | ! 5.36 ***  | ! |
| !Göfo 24 S               | ! 8.64     | ! 0.45  | ! | ! 3.32     | ! 0.86   | ! 8.06 ***  | ! |
| !Göfo 24 RM              | ! 12.57    | ! 0.26  | ! | ! 4.89 *   | ! 0.03   | ! 3.54 ***  | ! |
| !Saf 1 S <sup>2)</sup>   | ! 6.63     | ! 0.11  | ! | ! 0.29     | ! 1.24   | ! 1.07      | ! |
| !Saf 24 S <sup>2)</sup>  | ! 6.05     | ! 0.15  | ! | ! 1.17     | ! 1.97   | ! 1.53      | ! |
| !Saf 24 RM <sup>2)</sup> | ! 6.75     | ! 0.20  | ! | ! 0.03     | ! 2.58   | ! 2.09 **   | ! |
| !R 1 <sup>1)</sup>       | ! 0.10     | ! 0.28  | ! | ! 10.59 ** | ! 2.70   | ! 3.65 ***  | ! |
| !Rig 1 S <sup>2)</sup>   | ! 2.19     | ! 0.29  | ! | ! 3.29     | ! 1.86   | ! 3.59 ***  | ! |
| !Rig 24 S <sup>2)</sup>  | ! 1.89     | ! 0.49  | ! | ! 3.79     | ! 3.17   | ! 7.82 ***  | ! |
| !Rig 24 RM <sup>2)</sup> | ! 5.21     | ! 0.21  | ! | ! 0.06     | ! 0.18   | ! 2.24 ***  | ! |
| !                        | !          | !       | ! | !          | !        | !           | ! |

<sup>1)</sup> FG = 351      <sup>2)</sup> FG = 232

b) LSQ-Mittelwerte des H-System

| !           | ! LSQ-Mittelwerte     |            | ! |
|-------------|-----------------------|------------|---|
| !Merkmal    | ! des H-Syst. für Typ | ! F-Wert   | ! |
| !           | ! a/.    ! -/-        | !          | ! |
| !pH 1 RM    | ! 5.86    ! 6.00      | ! 9.23 **  | ! |
| !pH 24 RM   | ! 5.74    ! 5.72      | ! 0.94     | ! |
| !pH 1 S     | ! 5.94    ! 6.03      | ! 4.03 *   | ! |
| !pH 24 S    | ! 5.96    ! 5.92      | ! 1.50     | ! |
| !Göfo 1 S   | ! 69.59    ! 72.67    | ! 6.98 **  | ! |
| !Göfo 24 S  | ! 75.55    ! 77.56    | ! 3.32     | ! |
| !Göfo 24 RM | ! 58.75    ! 62.27    | ! 4.89 *   | ! |
| !Saf 1 S    | ! 21.65    ! 21.11    | ! 0.29     | ! |
| !Saf 24 S   | ! 19.68    ! 20.67    | ! 1.17     | ! |
| !Saf 24 RM  | ! 24.16    ! 23.99    | ! 0.03     | ! |
| !R 1        | ! 1.14    ! 1.10      | ! 10.59 ** | ! |
| !Rig 1 S    | ! 11.81    ! 11.21    | ! 3.29     | ! |
| !Rig 24 S   | ! 11.07    ! 11.63    | ! 3.79     | ! |
| !Rig 24 RM  | ! 9.22    ! 9.42      | ! 0.06     | ! |
| !           | !                     | !          | ! |

Tabelle 35. Unterschiede zwischen Allelen des H-Blutgruppensystems bezüglich der Fleischbeschaffenheit (Feld)

a) Varianzanalyse für das H-System

| ! Merkmal                 | ! Rest-<br>! Fehler<br>! (FG=189) | ! $r^2$<br>! mult. | ! F-Wert<br>! H | ! Schlachttag! |
|---------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|----------------|
| ! pH 1 RM                 | ! 0.33                            | ! 0.07             | ! 0.05          | ! 1.44         |
| ! pH 24 RM                | ! 0.14                            | ! 0.19             | ! 1.73          | ! 6.00 ***     |
| ! pH 1 S                  | ! 0.33                            | ! 0.18             | ! 3.29          | ! 5.98 ***     |
| ! pH 24 S                 | ! 0.22                            | ! 0.10             | ! 0.39          | ! 2.93 **      |
| ! Göfo 1 S                | ! 11.19                           | ! 0.11             | ! 2.45          | ! 3.01 **      |
| ! Göfo 24 S <sup>1)</sup> | ! 10.05                           | ! 0.42             | ! 0.08          | ! 20.69 ***    |
| ! Göfo 24 RM              | ! 11.69                           | ! 0.44             | ! 0.25          | ! 20.35 ***    |
| ! R 1                     | ! 0.11                            | ! 0.21             | ! 9.36 **       | ! 10.02 ***    |

<sup>1)</sup> FG = 173

b) LSQ-Mittelwerte für das H-System

| ! Merkmal    | ! LSQ-Mittelwerte<br>! des H-Syst. für Typ! | ! F-Wert |
|--------------|---------------------------------------------|----------|
| ! a./.       | ! -/-                                       | !        |
| ! pH 1 RM    | ! 6.05                                      | ! 6.07   |
| ! pH 24 RM   | ! 5.65                                      | ! 5.60   |
| ! pH 1 S     | ! 5.93                                      | ! 6.08   |
| ! pH 24 S    | ! 5.72                                      | ! 5.68   |
| ! Göfo 1 S   | ! 67.29                                     | ! 71.85  |
| ! Göfo 24 S  | ! 74.97                                     | ! 75.81  |
| ! Göfo 24 RM | ! 58.50                                     | ! 60.03  |
| ! R 1        | ! 1.14                                      | ! 1.05   |

. PHI-Enzymsystem

Im MPA-Material (Tabelle 36) stehen nur der pH<sub>1</sub>RM und der R<sub>1</sub>-Wert im Zusammenhang mit dem PHI-System. Die PHI-AB-Tiere haben den höchsten pH<sub>1</sub>RM-Wert, während die PHI-BB-Tiere den niedrigsten Wert aufweisen. Der Unterschied ist hoch signifikant. Der pH<sub>1</sub>-Wert der PHI-AA-Tiere ist intermediär. Hoch signifikante Unterschiede bestehen auch zwischen den Werten von PHI-AB- und PHI-BB-Tieren bezüglich des R<sub>1</sub>-Wertes, wobei der Typ PHI-AB den günstigeren Wert besitzt. Auch hier besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen dem R<sub>1</sub>-Wert der PHI-AA-Tiere und den anderen Genotypen. PHI hat offenbar keine Bedeutung als Marker für die Fleischbeschaffenheit im Material.

Tabelle 36. Unterschiede zwischen Allelen des PHI-Enzymsystems bezüglich der Fleischbeschaffenheit (MPA)

a) Varianzanalyse für das PHI-System

| ! Merkmal                 | ! Rest    | !        | ! F-Wert  |             |             | ! |
|---------------------------|-----------|----------|-----------|-------------|-------------|---|
| !                         | ! Fehler! | ! $r^2$  | ! PHI     | ! Prüffart! | ! Schlacht- | ! |
| !                         | ! FC=371! | ! mult.! | !         | ! tag       | !           | ! |
| ! pH 1 RM                 | ! 0.35    | ! 0.14   | ! 4.34 *  | ! 0.06      | ! 1.39      | ! |
| ! pH 24 RM                | ! 0.17    | ! 0.22   | ! 1.33    | ! 0.19      | ! 2.61 ***  | ! |
| ! pH 1 S                  | ! 0.32    | ! 0.10   | ! 0.99    | ! 0.43      | ! 0.85      | ! |
| ! pH 24 S                 | ! 0.25    | ! 0.20   | ! 1.03    | ! 1.82      | ! 2.10 ***  | ! |
| ! Göfo 1 S                | ! 9.31    | ! 0.35   | ! 0.49    | ! 4.50 *    | ! 5.20 ***  | ! |
| ! Göfo 24 S               | ! 8.66    | ! 0.45   | ! 1.04    | ! 1.44      | ! 7.92 ***  | ! |
| ! Göfo 24 RM              | ! 12.60   | ! 0.26   | ! 1.86    | ! 0.02      | ! 3.38 ***  | ! |
| ! Saf 1 S <sup>2)</sup>   | ! 6.59    | ! 0.13   | ! 2.30    | ! 2.22      | ! 1.12      | ! |
| ! Saf 24 S <sup>2)</sup>  | ! 6.05    | ! 0.15   | ! 1.10    | ! 2.53      | ! 1.54      | ! |
| ! Saf 24 RM <sup>2)</sup> | ! 6.73    | ! 0.21   | ! 1.03    | ! 2.81      | ! 2.14 **   | ! |
| ! R 1 <sup>1)</sup>       | ! 0.10    | ! 0.28   | ! 4.85 ** | ! 1.53      | ! 3.48 ***  | ! |
| ! Rig 1 S <sup>2)</sup>   | ! 2.21    | ! 0.28   | ! 0.06    | ! 1.35      | ! 3.41 ***  | ! |
| ! Rig 24 S <sup>2)</sup>  | ! 1.90    | ! 0.49   | ! 1.58    | ! 1.76      | ! 7.82 ***  | ! |
| ! Rig 24 RM <sup>2)</sup> | ! 5.22    | ! 0.21   | ! 0.30    | ! 0.10      | ! 2.33 ***  | ! |

<sup>1)</sup> FG = 350

<sup>2)</sup> FG = 231

b) LSQ-Mittelwerte für das PHI-System

| ! Merkmal    | ! LSQ-Mittelwerte des PHI-Syst. für Typ |         |         | ! F-Wert  | ! |
|--------------|-----------------------------------------|---------|---------|-----------|---|
| !            | ! AA                                    | ! AB    | ! BB    | !         | ! |
| ! pH 1 RM    | ! 6.01ab                                | ! 6.13a | ! 5.89b | ! 4.34 *  | ! |
| ! pH 24 RM   | ! 5.73                                  | ! 5.67  | ! 5.74  | ! 1.33    | ! |
| ! pH 1 S     | ! 5.94                                  | ! 6.08  | ! 5.96  | ! 0.99    | ! |
| ! pH 24 S    | ! 5.85                                  | ! 5.99  | ! 5.95  | ! 1.03    | ! |
| ! Göfo 1 S   | ! 73.25                                 | ! 70.35 | ! 70.30 | ! 0.49    | ! |
| ! Göfo 24 S  | ! 75.64                                 | ! 79.21 | ! 76.04 | ! 1.04    | ! |
| ! Göfo 24 RM | ! 62.77                                 | ! 64.96 | ! 59.33 | ! 1.86    | ! |
| ! Saf 1 S    | ! 22.24                                 | ! 17.71 | ! 21.70 | ! 2.30    | ! |
| ! Saf 24 S   | ! 21.66                                 | ! 17.60 | ! 20.03 | ! 1.10    | ! |
| ! Saf 24 RM  | ! 21.04                                 | ! 21.99 | ! 24.27 | ! 1.03    | ! |
| ! R 1        | ! 1.13ab                                | ! 1.04a | ! 1.13b | ! 4.85 ** | ! |
| ! Rig 1 S    | ! 11.62                                 | ! 11.45 | ! 11.67 | ! 0.06    | ! |
| ! Rig 24 S   | ! 9.29                                  | ! 11.53 | ! 11.22 | ! 1.58    | ! |
| ! Rig 24 RM  | ! 9.81                                  | ! 10.33 | ! 9.21  | ! 0.30    | ! |

Im Feldmaterial (Tabelle 37) besteht kein Zusammenhang zwischen PHI und Parametern der Fleischbeschaffenheit. Trotzdem liegt eine ähnliche Tendenz wie im MPA-Material beim  $pH_1RM$  und R-Wert vor, die aber statistisch nicht gesichert werden kann.

Tabelle 37. Unterschiede zwischen Allelen des PHI-Enzymsystems bezüglich der Fleischbeschaffenheit (Feldmaterial)

a) Varianzanalyse für das PHI-System

| ! Merkmal                 | ! Rest-<br>! Fehler<br>! FG=188 | ! $r^2$<br>! mult. | ! F-Wert<br>! PHI | ! Schlachttag |
|---------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------|---------------|
| ! pH 1 RM                 | ! 0.33                          | ! 0.07             | ! 0.42            | ! 0.94        |
| ! pH 24 RM                | ! 0.14                          | ! 0.19             | ! 0.49            | ! 5.98 ***    |
| ! pH 1 S                  | ! 0.33                          | ! 0.19             | ! 2.30            | ! 4.45 ***    |
| ! pH 24 S                 | ! 0.22                          | ! 0.10             | ! 0.26            | ! 2.88 **     |
| ! Göfo 1 S                | ! 11.25                         | ! 0.11             | ! 0.66            | ! 2.95 **     |
| ! Göfo 24 S <sup>1)</sup> | ! 10.07                         | ! 0.42             | ! 0.19            | ! 20.59 ***   |
| ! Göfo 24 RM              | ! 11.72                         | ! 0.44             | ! 0.18            | ! 18.78 ***   |
| ! R 1                     | ! 0.11                          | ! 0.26             | ! 2.54            | ! 7.27 ***    |

<sup>1)</sup> FG = 172

b) LSQ-Mittelwerte für das PHI-System

| ! Merkmal    | ! LSQ-Mittelwerte des<br>! PHI-Syst. für Typ |         |         | ! F-Wert |
|--------------|----------------------------------------------|---------|---------|----------|
| !            | ! AA                                         | ! AB    | ! BB    | !        |
| ! pH 1 RM    | ! 6.06                                       | ! 6.13  | ! 6.05  | ! 0.42   |
| ! pH 24 RM   | ! 5.60                                       | ! 5.63  | ! 5.65  | ! 0.49   |
| ! pH 1 S     | ! 5.98                                       | ! 6.13  | ! 5.94  | ! 2.30   |
| ! pH 24 S    | ! 5.67                                       | ! 5.74  | ! 5.72  | ! 0.26   |
| ! Göfo 1 S   | ! 72.20                                      | ! 68.78 | ! 67.45 | ! 0.66   |
| ! Göfo 24 S  | ! 77.00                                      | ! 74.16 | ! 74.79 | ! 0.19   |
| ! Göfo 24 RM | ! 57.29                                      | ! 60.40 | ! 58.99 | ! 0.18   |
| ! R 1        | ! 1.09                                       | ! 1.07  | ! 1.13  | ! 2.54   |

. 6-PGD-Enzymsystem

Kein Zusammenhang besteht zwischen dem 6-PGD-System und den Fleischbeschaffenheitsmerkmalen sowohl im MPA- als auch im Feldmaterial (Tabellen 38 u.39).

. ADA-Enzymsystem

Im MPA-Material scheint ein schwach gesicherter Zusammenhang zwischen dem  $pH_1RM$  und dem ADA-System (Tabelle 40) zu bestehen. Der  $pH_1RM$ -Wert des oo-Types liegt über allen anderen Genotypen. Diese Tendenz wiederholt sich jedoch nicht im Feldmaterial (Tabelle 41).

Tabelle 38. Unterschiede zwischen Allelen des 6-PGD-Enzymsystems bezüglich der Fleischbeschaffenheit (MPA)

a) Varianzanalyse für das 6-PGD-System

| !                         | !         | !       | ! | F-Wert |   |            | !           |
|---------------------------|-----------|---------|---|--------|---|------------|-------------|
| !                         | ! Rest    | !       | ! | !      | ! | !          | !           |
| ! Merkmal                 | ! Fehler  | ! $r^2$ | ! | !      | ! | !          | !           |
| !                         | ! (FG=371 | ! mult. | ! | ! PGD  | ! | ! Prüffart | ! Schlacht- |
| !                         | !         | !       | ! | !      | ! | !          | ! tag       |
| ! pH 1 RM                 | ! 0.35    | ! 0.13  | ! | ! 0.91 | ! | ! 0.26     | ! 1.36      |
| ! pH 24 RM                | ! 0.17    | ! 0.22  | ! | ! 0.80 | ! | ! 0.28     | ! 2.64 ***  |
| ! pH 1 S                  | ! 0.32    | ! 0.10  | ! | ! 0.98 | ! | ! 0.35     | ! 1.04      |
| ! pH 24 S                 | ! 0.25    | ! 0.20  | ! | ! 0.41 | ! | ! 1.52     | ! 2.24 ***  |
| ! Göfo 1 S                | ! 9.27    | ! 0.35  | ! | ! 1.81 | ! | ! 4.08 *   | ! 5.21 ***  |
| ! Göfo 24 S               | ! 8.65    | ! 0.45  | ! | ! 1.59 | ! | ! 1.16     | ! 7.97 ***  |
| ! Göfo 24 RM              | ! 12.65   | ! 0.26  | ! | ! 0.43 | ! | ! 0.00     | ! 3.37 ***  |
| ! Saf 1 S <sup>2)</sup>   | ! 6.65    | ! 0.11  | ! | ! 0.06 | ! | ! 1.31     | ! 1.05      |
| ! Saf 24 S <sup>2)</sup>  | ! 6.06    | ! 0.15  | ! | ! 0.92 | ! | ! 2.30     | ! 1.50      |
| ! Saf 24 RM <sup>2)</sup> | ! 6.72    | ! 0.21  | ! | ! 1.48 | ! | ! 3.64     | ! 2.18 **   |
| ! R 1 <sup>1)</sup>       | ! 0.10    | ! 0.27  | ! | ! 2.42 | ! | ! 1.82     | ! 3.59 ***  |
| ! Rig 1 S <sup>2)</sup>   | ! 2.21    | ! 0.28  | ! | ! 0.33 | ! | ! 1.79     | ! 3.46 ***  |
| ! Rig 24 S <sup>2)</sup>  | ! 1.91    | ! 0.48  | ! | ! 0.06 | ! | ! 2.43     | ! 7.81 ***  |
| ! Rig 24 RM <sup>2)</sup> | ! 5.22    | ! 0.21  | ! | ! 0.07 | ! | ! 0.14     | ! 2.28 ***  |

<sup>1)</sup> FG = 350

<sup>2)</sup> FG = 231

b) LSQ-Mittelwerte für das 6-PGD-System

| !            | LSQ-Mittelwerte des    |         |         | !         |
|--------------|------------------------|---------|---------|-----------|
| ! Merkmal    | ! 6-PGD-System für Typ |         |         | ! F-Wert! |
| !            | ! AA                   | ! AB    | ! BB    | !         |
| ! pH 1 RM    | ! 5.93                 | ! 5.93  | ! 5.88  | ! 0.91    |
| ! pH 24 RM   | ! 5.71                 | ! 5.73  | ! 5.75  | ! 0.80    |
| ! pH 1 S     | ! 6.03                 | ! 5.98  | ! 5.95  | ! 0.98    |
| ! pH 24 S    | ! 5.93                 | ! 5.94  | ! 5.96  | ! 0.41    |
| ! Göfo 1 S   | ! 72.57                | ! 71.00 | ! 69.61 | ! 1.81    |
| ! Göfo 24 S  | ! 77.47                | ! 76.81 | ! 75.29 | ! 1.59    |
| ! Göfo 24 RM | ! 61.47                | ! 59.92 | ! 59.29 | ! 0.43    |
| ! Saf 1 S    | ! 21.32                | ! 21.70 | ! 21.39 | ! 0.06    |
| ! Saf 24 S   | ! 18.67                | ! 19.57 | ! 20.37 | ! 0.92    |
| ! Saf 24 RM  | ! 21.69                | ! 24.22 | ! 24.37 | ! 1.48    |
| ! R 1        | ! 1.10                 | ! 1.12  | ! 1.14  | ! 2.42    |
| ! Rig 1 S    | ! 12.00                | ! 11.57 | ! 11.68 | ! 0.33    |
| ! Rig 24 S   | ! 11.35                | ! 11.20 | ! 11.20 | ! 0.06    |
| ! Rig 24 RM  | ! 9.48                 | ! 9.12  | ! 9.36  | ! 0.07    |

Tabelle 39. Unterschiede zwischen Allelen des 6-PGD-Enzymsystems bezüglich der Fleischbeschaffenheit (Feld)

a) Varianzanalyse für das 6-PGD-System

| ! Merkmal                 | ! Rest-<br>! Fehler !<br>! (FG=188) ! | ! $r^2$<br>! mult. ! | ! F-Wert<br>! 6-PGD ! | ! Schlachtttag ! |
|---------------------------|---------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------------|
| ! pH 1 RM                 | ! 0.33                                | ! 0.07               | ! 0.52                | ! 0.75           |
| ! pH 24 RM                | ! 0.14                                | ! 0.19               | ! 1.14                | ! 5.98 ***       |
| ! pH 1 S                  | ! 0.33                                | ! 0.17               | ! 0.75                | ! 4.25 ***       |
| ! pH 24 S                 | ! 0.22                                | ! 0.11               | ! 1.98                | ! 3.04 **        |
| ! Göfo 1 S                | ! 11.26                               | ! 0.10               | ! 0.48                | ! 3.12 **        |
| ! Göfo 24 S <sup>1)</sup> | ! 10.07                               | ! 0.42               | ! 0.19                | ! 20.57 ***      |
| ! Göfo 24 RM              | ! 11.68                               | ! 0.44               | ! 0.82                | ! 18.86 ***      |
| ! R 1                     | ! 0.11                                | ! 0.23               | ! 0.32                | ! 7.79 ***       |

<sup>1)</sup> FG = 172

b) LSQ-Mittelwerte für des 6-PGD-System

| ! Merkmal    | ! LSQ-Mittelwerte des<br>! 6-PGD-Systems für Typ |         |         | ! F-Wert ! |
|--------------|--------------------------------------------------|---------|---------|------------|
| !            | ! AA                                             | ! AB    | ! BB    | !          |
| ! pH 1 RM    | ! 5.98                                           | ! 6.08  | ! 6.08  | ! 0.52     |
| ! pH 24 RM   | ! 5.60                                           | ! 5.66  | ! 5.65  | ! 1.14     |
| ! pH 1 S     | ! 5.94                                           | ! 6.01  | ! 5.94  | ! 0.75     |
| ! pH 24 S    | ! 5.65                                           | ! 5.76  | ! 5.70  | ! 1.98     |
| ! Göfo 1 S   | ! 66.37                                          | ! 69.48 | ! 68.31 | ! 0.48     |
| ! Göfo 24 S  | ! 73.93                                          | ! 75.81 | ! 75.32 | ! 0.19     |
| ! Göfo 24 RM | ! 55.43                                          | ! 59.81 | ! 59.52 | ! 0.82     |
| ! R 1        | ! 1.10                                           | ! 1.13  | ! 1.13  | ! 0.32     |

Tabelle 40. Unterschiede zwischen Allelen des ADA-Enzymsystems bezüglich der Fleischbeschaffenheit (MPA)

a) Varianzanalyse für das ADA-System

| ! Merkmal                 | ! Rest   | !                | ! | F-Wert |          |             | ! |
|---------------------------|----------|------------------|---|--------|----------|-------------|---|
| !                         | ! Fehler | ! r <sup>2</sup> | ! | ADA    | ! Prüf-  | ! Schlacht- | ! |
| !                         | ! FG=370 | ! mult.          | ! |        | ! art    | ! tag       | ! |
| ! pH 1 RM                 | ! 0.35   | ! 0.14           | ! | 2.98 * | ! 0.29   | ! 1.45 *    | ! |
| ! pH 24 RM                | ! 0.17   | ! 0.23           | ! | 2.05   | ! 0.38   | ! 2.79 ***  | ! |
| ! pH 1 S                  | ! 0.32   | ! 0.11           | ! | 2.16   | ! 0.24   | ! 1.09      | ! |
| ! pH 24 S                 | ! 0.25   | ! 0.21           | ! | 1.82   | ! 1.50   | ! 2.39 ***  | ! |
| ! Göfo 1 S                | ! 9.30   | ! 0.35           | ! | 0.88   | ! 4.48 * | ! 5.18 ***  | ! |
| ! Göfo 24 S               | ! 8.68   | ! 0.45           | ! | 0.57   | ! 1.06   | ! 7.90 ***  | ! |
| ! Göfo 24 RM              | ! 12.66  | ! 0.26           | ! | 0.49   | ! 0.00   | ! 3.40 ***  | ! |
| ! Saf 1 S <sup>2)</sup>   | ! 6.63   | ! 0.12           | ! | 0.71   | ! 1.05   | ! 1.01      | ! |
| ! Saf 24 S <sup>2)</sup>  | ! 6.06   | ! 0.16           | ! | 0.87   | ! 1.47   | ! 1.52      | ! |
| ! Saf 24 RM <sup>2)</sup> | ! 6.72   | ! 0.21           | ! | 1.31   | ! 2.26   | ! 2.03 **   | ! |
| ! R 1 <sup>1)</sup>       | ! 0.10   | ! 0.26           | ! | 0.15   | ! 2.31   | ! 3.43 ***  | ! |
| ! Rig 1 S <sup>2)</sup>   | ! 2.18   | ! 0.30           | ! | 2.60   | ! 2.07   | ! 3.58 ***  | ! |
| ! Rig 24 S <sup>2)</sup>  | ! 1.90   | ! 0.49           | ! | 1.18   | ! 3.30   | ! 7.60 ***  | ! |
| ! Rig 24 RM <sup>2)</sup> | ! 5.22   | ! 0.22           | ! | 0.45   | ! 0.22   | ! 2.31 ***  | ! |

<sup>1)</sup> FG = 349

<sup>2)</sup> FG = 230

b) LSQ-Mittelwerte für das ADA-System

| ! Merkmal   | LSQ-Mittelwerte des ADA-Systems für Typ |         |          |         | ! F-Wert | ! |
|-------------|-----------------------------------------|---------|----------|---------|----------|---|
| !           | ! A/.                                   | ! AB    | ! B/.    | ! oo    | !        | ! |
| ! pH 1 RM   | ! 5.90a                                 | ! 5.80a | ! 5.89ab | ! 6.04b | ! 2.98 * | ! |
| ! pH 24 RM  | ! 5.74                                  | ! 5.72  | ! 5.82   | ! 5.70  | ! 2.05   | ! |
| ! pH 1 S    | ! 5.97                                  | ! 5.87  | ! 5.99   | ! 6.06  | ! 2.16   | ! |
| ! pH 24 S   | ! 5.95                                  | ! 5.90  | ! 6.07   | ! 5.96  | ! 1.82   | ! |
| ! Göfo 1 S  | ! 70.45                                 | ! 70.34 | ! 67.89  | ! 72.28 | ! 0.88   | ! |
| ! Göfo 24 S | ! 76.10                                 | ! 74.96 | ! 76.94  | ! 77.44 | ! 0.57   | ! |
| ! Göfo 24 R | ! 59.97                                 | ! 57.90 | ! 58.22  | ! 61.00 | ! 0.49   | ! |
| ! Saf 1 S   | ! 21.72                                 | ! 21.05 | ! 23.16  | ! 20.08 | ! 0.71   | ! |
| ! Saf 24 S  | ! 19.87                                 | ! 19.37 | ! 22.97  | ! 19.99 | ! 0.87   | ! |
| ! Saf 24 RM | ! 24.51                                 | ! 23.59 | ! 24.31  | ! 21.82 | ! 1.31   | ! |
| ! R 1       | ! 1.13                                  | ! 1.12  | ! 1.13   | ! 1.12  | ! 0.15   | ! |
| ! Rig 1 S   | ! 11.71                                 | ! 11.75 | ! 13.02  | ! 10.82 | ! 2.60   | ! |
| ! Rig 24 S  | ! 11.18                                 | ! 11.56 | ! 10.25  | ! 11.37 | ! 1.18   | ! |
| ! Rig 24 RM | ! 9.26                                  | ! 8.91  | ! 7.97   | ! 10.07 | ! 0.45   | ! |

Tabelle 41. Unterschiede zwischen Allelen des ADA-Enzyms bezüglich der Fleischbeschaffenheit (Feldmaterial)

a) Varianzanalyse für das ADA-System

| ! Merkmal                 | ! Rest-<br>! Fehler<br>! FG=187 | ! $r^2$<br>! mult. | ! F-Wert<br>! ADA | ! Schlachtttag | ! |
|---------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------|----------------|---|
| ! pH 1 RM                 | ! 0.33                          | ! 0.08             | ! 0.86            | ! 2.09 *       | ! |
| ! pH 24 RM                | ! 0.14                          | ! 0.20             | ! 1.39            | ! 5.26 ***     | ! |
| ! pH 1 S                  | ! 0.33                          | ! 0.19             | ! 1.76            | ! 4.26 ***     | ! |
| ! pH 24 S                 | ! 0.22                          | ! 0.11             | ! 1.23            | ! 2.62 *       | ! |
| ! Göfo 1 S                | ! 11.29                         | ! 0.11             | ! 0.37            | ! 2.72 *       | ! |
| ! Göfo 24 S <sup>1)</sup> | ! 10.09                         | ! 0.42             | ! 0.16            | ! 17.73 ***    | ! |
| ! Göfo 24 RM              | ! 11.60                         | ! 0.45             | ! 1.77            | ! 17.33 ***    | ! |
| ! R 1                     | ! 0.11                          | ! 0.25             | ! 1.23            | ! 7.81 ***     | ! |

<sup>1)</sup> FG = 171

b) LSQ-Mittelwerte für das ADA-System

| ! Merkmal    | ! LSQ-Mittelwerte des ADA-Systems<br>! für Typ |         |         |         | ! F-Wert | ! |
|--------------|------------------------------------------------|---------|---------|---------|----------|---|
| !            | ! A/.                                          | ! AB    | ! B/.   | ! oo    | !        | ! |
| ! pH 1 RM    | ! 6.07                                         | ! 6.00  | ! 6.00  | ! 5.92  | ! 0.86   | ! |
| ! pH 24 RM   | ! 5.64                                         | ! 5.68  | ! 5.58  | ! 5.70  | ! 1.39   | ! |
| ! pH 1 S     | ! 5.96                                         | ! 5.99  | ! 6.17  | ! 5.81  | ! 1.76   | ! |
| ! pH 24 S    | ! 5.71                                         | ! 5.78  | ! 5.62  | ! 5.68  | ! 1.23   | ! |
| ! Göfo 1 S   | ! 68.39                                        | ! 68.60 | ! 70.21 | ! 64.49 | ! 0.37   | ! |
| ! Göfo 24 S  | ! 75.38                                        | ! 74.54 | ! 73.96 | ! 73.54 | ! 0.16   | ! |
| ! Göfo 24 RM | ! 58.95                                        | ! 62.01 | ! 52.35 | ! 55.27 | ! 1.77   | ! |
| ! R 1        | ! 1.12                                         | ! 1.15  | ! 1.07  | ! 1.10  | ! 1.23   | ! |

. Bluttypen

Faßt man alle untersuchten Blutsysteme zum "Gesamtbluttyp" zusammen, so findet man im MPA-Material für die Merkmale  $pH_1RM$ ,  $pH_{24}RM$  und  $Rigor_{24}S$  signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen (Tabelle 42a). Demgegenüber schwanken im Feldmaterial alle F-Werte um 1 und sind nicht signifikant (Tabelle 43).

Wie für die Mast- und Schlachtleistung werden in Tabelle 42b nur die Blutkombinationen, die mindestens bei 4 Tieren vorkommen herangezogen. Die besten Werte werden mit a und die schlechten mit b bezeichnet. Die besten  $pH_1RM$ -Werte sind größer als  $pH = 5.80$  und die besten  $pH_{24}RM$ -Werte sind größer als  $pH = 5.4$  und kleiner als  $pH = 5.8$ . Für  $Rigor_{24}RM$  besteht die Grenze für das gute Fleisch mindestens 11.00.

Tabelle 42. Unterschiede zwischen Gesamtbluttypen für die Merkmale der Fleischbeschaffenheit (MPA-Material)

a) Varianzanalyse für den Gesamtbluttyp

| ! Merkmal                 | ! Rest   | ! Fehler <sup>2</sup> | ! F-Wert  | !              |
|---------------------------|----------|-----------------------|-----------|----------------|
| !                         | ! FG=339 | ! mult.               | ! Bluttyp | ! Prüffart     |
| !                         | !        | !                     | !         | ! Schlachtttag |
| ! pH 1 RM                 | ! 0.35   | ! 0.24                | ! 1.59 *  | ! 0.48         |
| ! pH 24 RM                | ! 0.16   | ! 0.35                | ! 2.01 ** | ! 0.01         |
| ! pH 1 S                  | ! 0.32   | ! 0.21                | ! 1.43    | ! 0.10         |
| ! pH 24 S                 | ! 0.25   | ! 0.28                | ! 1.05    | ! 1.75         |
| ! Göfo 1 S                | ! 9.29   | ! 0.41                | ! 1.00    | ! 3.26         |
| ! Göfo 24 S               | ! 8.80   | ! 0.48                | ! 0.67    | ! 0.41         |
| ! Göfo 24 RM              | ! 12.82  | ! 0.30                | ! 0.69    | ! 0.00         |
| ! Saf 1 S <sup>2)</sup>   | ! 6.67   | ! 0.22                | ! 0.90    | ! 2.26         |
| ! Saf 24 S <sup>2)</sup>  | ! 6.05   | ! 0.27                | ! 1.02    | ! 1.55         |
| ! Saf 24 RM <sup>2)</sup> | ! 6.57   | ! 0.34                | ! 1.36    | ! 3.41         |
| ! R 1 <sup>1)</sup>       | ! 0.10   | ! 0.35                | ! 1.33    | ! 2.53         |
| ! Rig 1 S <sup>2)</sup>   | ! 2.26   | ! 0.34                | ! 0.61    | ! 1.97         |
| ! Rig 24 S <sup>2)</sup>  | ! 1.83   | ! 0.59                | ! 1.59 *  | ! 3.23         |
| ! Rig 24 RM <sup>2)</sup> | ! 5.52   | ! 0.24                | ! 0.20    | ! 0.05         |

<sup>1)</sup> FG = 318

<sup>2)</sup> FG = 201

b) LSQ-Mittelwerte für pH<sub>1</sub>RM, pH<sub>24</sub>RM und Rigor<sub>24</sub>S nach Bluttypen

| ! Bluttypen |        |             | ! pH 1 RM |       | ! pH 24 RM |        | ! Rig 24 S |       | !         |
|-------------|--------|-------------|-----------|-------|------------|--------|------------|-------|-----------|
| ! H         | ! PHI. | ! 6-PGD ADA | ! n       | ! LSQ | ! n        | ! LSQ  | ! n        | ! LSQ | !         |
| ! a/. AB AB | A/.!   | 4           | ! 6.22    | a     | ! 4        | ! 5.82 | b          | ! 4   | ! 12.27 a |
| ! a/. AB BB | A/.!   | 4           | ! 5.78    | b     | ! 4        | ! 5.66 | a          | ! -   | !         |
| ! a/. BB AA | A/.!   | 12          | ! 5.97    | a     | ! 12       | ! 5.68 | a          | ! 9   | ! 10.91 b |
| ! a/. BB AA | AB!    | 4           | ! 5.53    | b     | ! 4        | ! 5.63 | a          | ! -   | !         |
| ! a/. BB AB | A/.!   | 78          | ! 5.92    | a     | ! 78       | ! 5.76 | a          | ! 54  | ! 11.10 a |
| ! a/. BB AB | AB!    | 11          | ! 5.74    | b     | ! 11       | ! 5.70 | a          | ! 6   | ! 12.41 a |
| ! a/. BB AB | B/.!   | 6           | ! 5.78    | b     | ! 6        | ! 5.75 | a          | ! 4   | ! 9.35 b  |
| ! a/. BB AB | oo!    | 6           | ! 5.85    | a     | ! 6        | ! 5.63 | a          | ! 5   | ! 12.20 a |
| ! a/. BB BB | A/.!   | 108         | ! 5.82    | a     | ! 108      | ! 5.76 | a          | ! 73  | ! 10.91 b |
| ! a/. BB BB | AB!    | 16          | ! 5.84    | a     | ! 16       | ! 5.75 | a          | ! 11  | ! 11.72 a |
| ! a/. BB BB | B/.!   | 6           | ! 5.84    | a     | ! 6        | ! 5.73 | a          | ! -   | !         |
| ! a/. BB BB | oo!    | 18          | ! 5.94    | a     | ! 18       | ! 5.72 | a          | ! 11  | ! 10.43 b |
| ! -/- AA AA | A/.!   | 44          | ! 5.93    | a     | ! 44       | ! 5.66 | a          | ! -   | !         |
| ! -/- BB AA | A/.!   | 6           | ! 6.14    | a     | ! 6        | ! 5.78 | a          | ! 6   | ! 11.73 a |
| ! -/- BB AB | A/.!   | 20          | ! 5.95    | a     | ! 20       | ! 5.70 | a          | ! 14  | ! 10.91 b |
| ! -/- BB AB | oo!    | 4           | ! 6.26    | a     | ! 4        | ! 5.66 | a          | ! 4   | ! 11.08 a |
| ! -/- BB BB | A/.!   | 32          | ! 5.93    | a     | ! 32       | ! 5.74 | a          | ! 21  | ! 11.99 a |
| ! -/- BB BB | AB!    | 4           | ! 5.83    | a     | ! 4        | ! 5.78 | a          | ! 4   | ! 9.43 b  |
| ! -/- BB BB | oo!    | 6           | ! 6.29    | a     | ! 6        | ! 5.73 | a          | ! 6   | ! 12.85 a |
| ! F-Wert    |        |             | ! 1.59 *  |       | ! 2.01 **  |        | ! 1.59 *   |       | !         |

a : bester Wert

b : schlechter Wert

Da bei Einzelbetrachtung 6-PGD und ADA keinen Zusammenhang zeigten (Tabellen 38-41), können diese vernachlässigt werden. Die meisten schlechteren  $pH_1$ RM-Werte weisen die Genotypen mit Ha/., PHI-BB auf. Alle Genotypen mit dem Typ H/- besitzen günstige Werte. Dieser Typ (H/-) zeigte auch im Einzeltest für das H-System den günstigeren  $pH_1$ RM gegenüber dem Typ Ha/.

(Tabelle 34). Der Genotyp Ha/., PHI-AB zeigt den einzigen schlechten  $pH_{24}$ -Wert.

- . Häufigkeitsverteilung der Fleischbeschaffenheitsklassen auf die Genotypen der Blutpolymorphismen

In Tabelle 44 sind für das Gesamtmaterial die Frequenzen der Fleischbeschaffenheitsklassen im Rückenmuskel nach den Genotypen der Blutparameter aufgeschlüsselt. Tabelle 45 zeigt die entsprechenden Häufigkeiten für den Schinken.

Die  $\chi^2$ -Werte für das H-, 6-PGD- und ADA-System sind bei keinem der beiden Meßstellen signifikant, d.h. die Fleischbeschaffenheitsklassen verteilen sich entsprechend ihren Frequenzen auf die Bluttypen.

Schwach signifikante Abweichungen vom Erwartungswert wurden für das PHI-System bei beiden Meßstellen festgestellt. Hier treten die Kombinationen AA/PSE und AB/Normales Fleisch vermehrt auf. Eine deutliche Tendenz des BB-Typus für das normale Fleisch wird auch im Schinken deutlich (Tabelle 45).

Führt man diese Berechnungen getrennt für MPA- und Feldmaterial durch, so erhält man die in Tabelle 46 zusammengestellten Ergebnisse. Zusammenhänge des H-Systems zu Fleischbeschaffenheitsklassen bestehen im MPA- und Feldmaterial nur beim Rückenmuskel. Die Signifikanzen des PHI-Systems scheinen nur auf den Daten des Feldmaterials zu beruhen, während im größeren MPA-Material keine Zusammenhänge nachgewiesen werden konnten. Das gilt für den Rückenmuskel wie für den Schinken.

Erwartungsgemäß sind auch im MPA- und im Feldmaterial keine Zusammenhänge zwischen den Fleischbeschaffenheitsklassen im Rückenmuskel und 6-PGD sowie den Fleischbeschaffenheitsklassen in Schinken und Rückenmuskel und ADA nachzuweisen. Unerwartet ist der hohe  $\chi^2$ -Wert im Feldmaterial für die Häufigkeitsverteilung der Fleischbeschaffenheitsklassen im Schinken auf die Genotypen des 6-PGD. Hier kommen besonders häufiger folgende Kombinationen vor AA/PSE bzw. DFD; AB/ bzw. BB/normales Fleisch, analog zu PHI.

Wahrscheinlich werden diese Effekte im Gesamtmaterial durch das größere MPA-Material überdeckt.

Tabelle 43. Varianzanalyse der Merkmale der Fleischbeschaffenheit für den Gesamtbluttyp (Feldmaterial)

| ! Merkmal   | ! Rest- !    | ! r <sup>2</sup> ! | ! F-Wert !               |
|-------------|--------------|--------------------|--------------------------|
| ! Fehler !  | ! FG=170 !   | ! mult. !          | ! Bluttyp! Schlachttag ! |
| !pH 1 RM    | ! 0.33 !     | ! 0.18 !           | ! 1.19 ! 0.67 !          |
| !pH 24 RM   | ! 0.14 !     | ! 0.26 !           | ! 0.84 ! 5.33 *** !      |
| !pH 1 S     | ! 0.33 !     | ! 0.28 !           | ! 1.26 ! 3.13 ** !       |
| !pH 24 S    | ! 0.21 !     | ! 0.21 !           | ! 1.22 ! 2.65 * !        |
| !Göfo 1 S   | 1) ! 11.27 ! | ! 0.19 !           | ! 0.93 ! 2.04 !          |
| !Göfo 24 S  | ! 10.13 !    | ! 0.47 !           | ! 0.81 ! 14.21 *** !     |
| !Göfo 24 RM | ! 11.71 !    | ! 0.49 !           | ! 0.93 ! 13.84 *** !     |
| !R 1        | ! 0.11 !     | ! 0.35 !           | ! 1.39 ! 8.28 *** !      |

1) FG = 154

Tabelle 44. Häufigkeitsverteilung der Fleischbeschaffenheitsklassen auf die Genotypen der Blutparameter und Halothanreaktion, Rückenmuskel: Gesamtmaterial n=623

| Systeme   | ! Typ !  | ! Beobachtungswerte ! |         |         |         |         | ! Erwartungswerte ! |         |         |         |         | ! x <sup>2</sup> ! |
|-----------|----------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------------------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
|           |          | ! Norm !              | ! PSE ! | ! PSE ! | ! DFD ! | ! DFD ! | ! Norm !            | ! PSE ! | ! PSE ! | ! DFD ! | ! DFD ! |                    |
|           |          | ! !                   | ! !     | ! v. !  | ! v. !  | ! !     | ! !                 | ! !     | ! v. !  | ! v. !  | ! !     |                    |
| Hal       | ! Hal+ ! | ! 105 !               | ! 90 !  | ! 53 !  | ! 7 !   | ! 1 !   | ! 140 !             | ! 63 !  | ! 45 !  | ! 8 !   | ! 2 !   | ! 56.8 !           |
| n=422     | ! Hal- ! | ! 124 !               | ! 13 !  | ! 21 !  | ! 6 !   | ! 2 !   | ! 89 !              | ! 40 !  | ! 29 !  | ! 5 !   | ! 1 !   | ! *** !            |
| H         | ! a/. !  | ! 267 !               | ! 89 !  | ! 74 !  | ! 17 !  | ! 5 !   | ! 273 !             | ! 89 !  | ! 74 !  | ! 12 !  | ! 4 !   | ! 8.6 !            |
| n=619     | ! -/- !  | ! 107 !               | ! 33 !  | ! 27 !  | ! 0 !   | ! 0 !   | ! 101 !             | ! 33 !  | ! 27 !  | ! 5 !   | ! 1 !   |                    |
| PHI       | ! AA !   | ! 38 !                | ! 24 !  | ! 11 !  | ! 0 !   | ! 0 !   | ! 44 !              | ! 14 !  | ! 12 !  | ! 2 !   | ! 1 !   | ! 18.8 * !         |
| n=619     | ! AB !   | ! 29 !                | ! 3 !   | ! 2 !   | ! 1 !   | ! 0 !   | ! 21 !              | ! 7 !   | ! 6 !   | ! 1 !   | ! 0 !   |                    |
|           | ! BB !   | ! 307 !               | ! 95 !  | ! 88 !  | ! 16 !  | ! 5 !   | ! 309 !             | ! 101 ! | ! 83 !  | ! 14 !  | ! 4 !   |                    |
| 6-PGD     | ! AA !   | ! 59 !                | ! 27 !  | ! 19 !  | ! 0 !   | ! 0 !   | ! 64 !              | ! 21 !  | ! 17 !  | ! 3 !   | ! 1 !   | ! 9.2 !            |
| n=619     | ! AB !   | ! 125 !               | ! 40 !  | ! 29 !  | ! 7 !   | ! 1 !   | ! 122 !             | ! 40 !  | ! 33 !  | ! 5 !   | ! 2 !   |                    |
|           | ! BB !   | ! 190 !               | ! 55 !  | ! 53 !  | ! 10 !  | ! 4 !   | ! 188 !             | ! 61 !  | ! 51 !  | ! 9 !   | ! 2 !   |                    |
| ADA       | ! A/. !  | ! 288 !               | ! 91 !  | ! 81 !  | ! 11 !  | ! 4 !   | ! 287 !             | ! 94 !  | ! 77 !  | ! 13 !  | ! 4 !   | ! 8.6 !            |
| n=619     | ! AB !   | ! 36 !                | ! 15 !  | ! 12 !  | ! 3 !   | ! 1 !   | ! 40 !              | ! 13 !  | ! 11 !  | ! 2 !   | ! 1 !   |                    |
|           | ! B/. !  | ! 19 !                | ! 5 !   | ! 4 !   | ! 0 !   | ! 0 !   | ! 17 !              | ! 5 !   | ! 5 !   | ! 1 !   | ! 0 !   |                    |
|           | ! oo !   | ! 31 !                | ! 11 !  | ! 4 !   | ! 3 !   | ! 0 !   | ! 30 !              | ! 10 !  | ! 8 !   | ! 1 !   | ! 0 !   |                    |
| logCK1 1) | ! Kl.1 ! | ! 91 !                | ! 4 !   | ! 6 !   | ! 4 !   | ! 1 !   | ! 64 !              | ! 21 !  | ! 17 !  | ! 3 !   | ! 1 !   | ! 61.0 !           |
| n=623     | ! Kl.2 ! | ! 90 !                | ! 19 !  | ! 12 !  | ! 4 !   | ! 1 !   | ! 76 !              | ! 25 !  | ! 21 !  | ! 3 !   | ! 1 !   | ! *** !            |
|           | ! Kl.3 ! | ! 195 !               | ! 100 ! | ! 84 !  | ! 9 !   | ! 3 !   | ! 236 !             | ! 77 !  | ! 64 !  | ! 11 !  | ! 3 !   |                    |
| logCK2 1) | ! Kl.1 ! | ! 47 !                | ! 1 !   | ! 2 !   | ! 2 !   | ! 0 !   | ! 31 !              | ! 10 !  | ! 8 !   | ! 2 !   | ! 0 !   | ! 65.8 !           |
| n=623     | ! Kl.2 ! | ! 172 !               | ! 31 !  | ! 25 !  | ! 7 !   | ! 3 !   | ! 144 !             | ! 47 !  | ! 39 !  | ! 6 !   | ! 2 !   | ! *** !            |
|           | ! Kl.3 ! | ! 157 !               | ! 91 !  | ! 75 !  | ! 8 !   | ! 2 !   | ! 201 !             | ! 66 !  | ! 55 !  | ! 9 !   | ! 3 !   |                    |

1) Siehe Fußnote Tabelle 16.

Tabelle 45. Häufigkeitsverteilung der Fleischbeschaffenheitsklassen auf die Genotypen der Blutparameter und Halothanreaktion (Schinken, Gesamtmaterial n = 623

| Systeme                       | ! Typ  | ! Beobachtungswerte |       |        |        |       | ! Erwartungswerte |       |        |        |       | $\chi^2$    |
|-------------------------------|--------|---------------------|-------|--------|--------|-------|-------------------|-------|--------|--------|-------|-------------|
|                               |        | ! Nor               | ! PSE | ! PSE  | ! DFD  | ! DFD | ! Norm            | ! PSE | ! PSE  | ! DFD  | ! DFD |             |
|                               |        | ! !                 | ! !   | ! v. ! | ! v. ! | ! !   | ! !               | ! !   | ! v. ! | ! v. ! | ! !   |             |
| Hal<br>n=422                  | ! Hal+ | 90!                 | 60!   | 52!    | 27!    | 27!   | 114!              | 41!   | 41!    | 29!    | 30!   | 43.4***     |
|                               | ! Hal- | 99!                 | 8!    | 16!    | 20!    | 23!   | 74!               | 27!   | 27!    | 18!    | 20!   |             |
| H<br>n=619                    | ! a/.  | 224!                | 78!   | 65!    | 28!    | 47!   | 223!              | 77!   | 67!    | 41!    | 44!   | 1.9         |
|                               | ! -/-  | 81!                 | 28!   | 27!    | 18!    | 13!   | 82!               | 29!   | 25!    | 15!    | 16!   |             |
| PHI<br>n=619                  | ! AA   | 25!                 | 22!   | 14!    | 8!     | 4!    | 36!               | 13!   | 11!    | 7!     | 6!    | 19.4 *      |
|                               | ! AB   | 23!                 | 3!    | 2!     | 3!     | 4!    | 17!               | 6!    | 5!     | 3!     | 4!    |             |
|                               | ! BB   | 257!                | 81!   | 76!    | 45!    | 52!   | 252!              | 87!   | 76!    | 46!    | 50!   |             |
| 6-PGD<br>n=619                | ! AA   | 48!                 | 22!   | 23!    | 9!     | 3!    | 52!               | 18!   | 16!    | 9!     | 10!   | 12.8        |
|                               | ! AB   | 105!                | 29!   | 27!    | 19!    | 22!   | 99!               | 35!   | 30!    | 18!    | 20!   |             |
|                               | ! BB   | 152!                | 55!   | 42!    | 28!    | 35!   | 154!              | 53!   | 46!    | 29!    | 30!   |             |
| ADA<br>n=619                  | ! A/.  | 235!                | 85!   | 68!    | 40!    | 47!   | 234!              | 81!   | 71!    | 43!    | 46!   | 8.0         |
|                               | ! AB   | 35!                 | 10!   | 13!    | 5!     | 4!    | 33!               | 12!   | 10!    | 6!     | 6!    |             |
|                               | ! B/.  | 15!                 | 3!    | 4!     | 4!     | 2!    | 14!               | 4!    | 4!     | 3!     | 3!    |             |
|                               | ! oo   | 20!                 | 8!    | 7!     | 7!     | 7!    | 24!               | 9!    | 7!     | 4!     | 5!    |             |
| logCK1 <sup>1)</sup><br>n=623 | ! K1.1 | 71!                 | 4!    | 5!     | 13!    | 13!   | 52!               | 18!   | 16!    | 10!    | 10!   | 62.1<br>*** |
|                               | ! K1.2 | 83!                 | 16!   | 10!    | 7!     | 10!   | 62!               | 22!   | 19!    | 11!    | 12!   |             |
|                               | ! K1.3 | 153!                | 87!   | 77!    | 36!    | 38!   | 193!              | 67!   | 58!    | 35!    | 38!   |             |
| logCK2 <sup>1)</sup><br>n=623 | ! K1.1 | 40!                 | 1!    | 2!     | 4!     | 5!    | 25!               | 9!    | 8!     | 5!     | 5!    | 75.5<br>*** |
|                               | ! K1.2 | 151!                | 24!   | 21!    | 22!    | 20!   | 118!              | 41!   | 35!    | 21!    | 23!   |             |
|                               | ! K1.3 | 116!                | 82!   | 69!    | 30!    | 36!   | 164!              | 57!   | 49!    | 30!    | 32!   |             |

<sup>1)</sup> Siehe Fußnote Tabelle 16.

Tabelle 46. Häufigkeitsverteilung der Fleischbeschaffenheitsklassen auf die Genotypen der Blutparameter und Halothanreaktion im Gesamt- (n= 623), MPA-(n=422) und Feldmaterial (n=201)

| Systeme              | $\chi^2$ im Rückenmuskel |                   |                   | $\chi^2$ in Schinken |                   |                    |
|----------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-------------------|--------------------|
|                      | Gesamt                   | MPA               | Feld              | Gesamt               | MPA               | Feld               |
| H                    | 8.6<br>!n=619            | 13.9 **<br>!n=418 | 9.5 *<br>!n=201   | 1.9<br>!n=619        | 1.0<br>!n=418     | 5.3<br>!n=201      |
| PHI                  | 18.8 *<br>!n=619         | 10.0<br>!n=418    | 20.6 **<br>!n=201 | 19.4 *<br>!n=619     | 9.9<br>!n=418     | 17.4 *<br>!n=201   |
| 6-PGD                | 9.2<br>!n=619            | 7.2<br>!n=418     | 13.0<br>!n=201    | 12.8<br>!n=619       | 10.9<br>!n=418    | 23.9 **<br>!n=201  |
| ADA                  | 8.6<br>!n=619            | 7.3<br>!n=418     | 18.7<br>!n=201    | 8.0<br>!n=619        | 11.9<br>!n=418    | 19.5<br>!n=201     |
| logCK1 <sup>1)</sup> | 61.0***<br>!n=623        | 49.6***<br>!n=422 | 22.5 **<br>!n=201 | 62.1 ***<br>!n=623   | 36.1***<br>!n=422 | 35.3 ***<br>!n=201 |
| logCK2 <sup>1)</sup> | 65.8***<br>!n=623        | 46.1***<br>!n=422 | 26.7***<br>!n=201 | 75.5 ***<br>!n=623   | 35.7***<br>!n=422 | 49.6 ***<br>!n=201 |

<sup>1)</sup> Siehe Fußnote Tabelle 16.

#### 2.3.4.2. Zusammenhang der Halothanreaktion

- mit der Mast- und Schlachtleistung und der Häufigkeitsverteilung der Handelsklassen

Die Halothanreaktion steht in hoch signifikanter Beziehung zu den Merkmalen der Mast- und Schlachtleistung mit Ausnahme von Futtermittelverwertung, Rückenspeckdicke und Schinkenanteil (Tabelle 47a,b). Die Hal(+)-Tiere verfügen über bessere Werte für Zunahme, durchschnittliche Handelsklasse, Seitenspeck, Speckmaß B, Fleisch-, Fettfläche bzw. Fleisch/Fett-Verhältnis und QB. In diesen Merkmalen sind die Werte für Hal(-)-Tiere schlechter. Aufgrund der Gruppenfütterung ist die Aussagefähigkeit der Variation der Werte für die tägliche Zunahme und die Futtermittelverwertung gering. Die Hal(+)-Tiere sind kürzer. Die positive Halothanreaktion deutet demnach auf günstigere Mastleistung und besten Schlachtkörperwert hin.

Tabelle 47. Unterschiede zwischen den Halothanreaktionstypen bezüglich der Mast- und Schlachtleistung (MPA-Material)

a) Varianzanalyse für die Halothanreaktion

| ! Merkmal          | ! Rest    | !        | !           | F-Wert      | !           |
|--------------------|-----------|----------|-------------|-------------|-------------|
| !                  | ! Fehler! | !        | !           | !           | !           |
| !                  | ! $r^2$   | !        | !           | !           | !           |
| !                  | ! FG=400! | ! mult.! | ! Hal       | ! Prüffart  | ! Schlacht- |
| !                  | !         | !        | !           | !           | ! gew.      |
| ! TZ               | ! 78.22   | ! 0.03   | ! 4.41 *    | ! 1.47      | ! 3.25      |
| ! FV               | ! 0.20    | ! 0.06   | ! 1.78      | ! 19.15 *** | ! 1.31      |
| ! HKlasse          | ! 0.60    | ! 0.10   | ! 35.51 *** | ! 0.40      | ! 2.99      |
| ! Kö.Länge         | ! 2.19    | ! 0.05   | ! 12.27 *** | ! 0.22      | ! 10.27 **  |
| ! Rück.Speck       | ! 0.33    | ! 0.03   | ! 2.59      | ! 8.56 **   | ! 1.81      |
| ! Seit.Speck       | ! 0.52    | ! 0.05   | ! 11.01 *** | ! 3.25      | ! 3.62      |
| ! Speckmaß B       | ! 0.29    | ! 0.08   | ! 17.58 *** | ! 10.15 **  | ! 2.49      |
| ! Fl.Fläche        | ! 4.07    | ! 0.13   | ! 41.13 *** | ! 8.91 **   | ! 0.46      |
| ! Ft.Fläche        | ! 2.81    | ! 0.06   | ! 8.16 **   | ! 10.07 **  | ! 0.18      |
| ! Fl/Ft-Verh.      | ! 0.08    | ! 0.11   | ! 26.79 *** | ! 13.02 *** | ! 0.11      |
| ! Schinken-%       | ! 1.06    | ! 0.01   | ! 1.27      | ! 1.13      | ! 1.00      |
| ! QB <sup>1)</sup> | ! 0.06    | ! 0.13   | ! 29.12 *** | ! 4.63 *    | ! 0.96      |

<sup>1)</sup> FG = 249

b) LSQ-Mittelwerte für die Halothanreaktion

| ! Merkmal     | ! LSQ-Mittelwerte     | !       | F-Wert      | ! |
|---------------|-----------------------|---------|-------------|---|
| !             | ! nach Halothanreakt. | !       | !           | ! |
| !             | ! Hal+                | ! Hal-  | !           | ! |
| ! TZ          | ! 770                 | ! 753   | ! 4.41 *    | ! |
| ! FV          | ! 2.60                | ! 2.62  | ! 1.78      | ! |
| ! HKlasse     | ! 0.68                | ! 1.06  | ! 35.51 *** | ! |
| ! Kö.Länge    | ! 98.5                | ! 99.3  | ! 12.27 *** | ! |
| ! Rück.Speck  | ! 2.53                | ! 2.59  | ! 2.59      | ! |
| ! Seit.Speck  | ! 2.33                | ! 2.51  | ! 11.01 *** | ! |
| ! Speckmaß B  | ! 1.30                | ! 1.43  | ! 17.58 *** | ! |
| ! Fl.Fläche   | ! 46.28               | ! 43.52 | ! 41.13 *** | ! |
| ! Ft.Fläche   | ! 18.37               | ! 19.22 | ! 8.16 **   | ! |
| ! Fl/Ft-Verh. | ! 0.40                | ! 0.45  | ! 26.79 *** | ! |
| ! Schinken-%  | ! 31.65               | ! 31.53 | ! 1.27      | ! |
| ! QB          | ! 0.21                | ! 0.25  | ! 29.12 *** | ! |

### . Häufigkeitsverteilung der Handelsklassen

In Tabelle 33 zeigt der  $\chi^2$ -Wert von 40 eine deutliche Abweichung der Verteilung der Handelsklassen auf die Halothanreaktionstypen von den Erwartungswerten. Wie beim Schlachtkörperwert weisen die Hal(+)-Tiere vermehrt eine bessere Handelsklassifizierung auf. Die Hal(+)-Tiere kommen häufiger in der Klasse Extra vor als in anderen Klassen, während die Hal(-) bevorzugt die übrigen Klassen besetzen.

#### - mit der Fleischbeschaffenheit und Häufigkeitsverteilung der Fleischbeschaffenheitsklassen

Während kein Zusammenhang zwischen der Halothanreaktion und den Merkmalen  $\text{pH}_{24}$ ,  $\text{Saf}_{24}$  (locker gebundenes Wasser), und Rigor im Schinken ( $\text{Rigor}_{24\text{S}}$ ) beobachtet werden kann (Tabelle 48a,b) liegen schwach signifikante F-Werte bei Saft im Schinken ( $\text{Saf}_1\text{S}$ ) und Rigor im Rückenmuskel ( $\text{Rigor}_{24\text{RM}}$ ) vor. Signifikante bis hoch signifikante F-Werte stehen bei den restlichen Meßwerten. Vergleicht man die Mittelwerte der Hal(+)-Tiere mit den Hal(-)-Tieren, so zeigt sich, daß Hal(-)-Tiere höhere  $\text{pH}_1$ -, Göfo- und  $\text{Rigor}_{24\text{RM}}$ -Werte haben, während ihr  $\text{Saf}_1\text{S}$  und  $\text{Rigor}_1\text{S}$  etwas niedriger ist als bei den Hal(+)-Tieren.

Faßt man diese Ergebnisse zusammen, so besitzen die Hal(-)-Tiere überwiegend die bessere Fleischbeschaffenheit als die Hal(+)-Tiere.

### . Häufigkeitsverteilung der Fleischbeschaffenheitsklassen

Die  $\chi^2$ -Werte weisen im MPA-Material auf eine hoch signifikante Abweichung der Verteilung der Fleischbeschaffenheitsklassen gegenüber der Halothanreaktion sowohl im Rückenmuskel als auch im Schinken hin (Tabellen 44 u. 45). Besonders häufig kommt PSE-Fleisch bei Hal(+)-Tieren und normales Fleisch bei Hal(-)-Tieren vor. Das DFD-Fleisch scheint sich gleichmäßig auf beide Reaktionen zu verteilen. Diese Ergebnisse bestätigen die deutliche Überlegenheit der negativen Halothanreaktion gegenüber der positiven für die Merkmale der Fleischbeschaffenheit (Tabelle 48).

Tabelle 48. Unterschiede zwischen Reaktionen im Halothansystem bezüglich der Fleischbeschaffenheit (MPA-Material)

a) Varianzanalyse für die Halothanreaktion

| ! Merkmal                 | ! Rest  | ! Fehler! | ! r <sup>2</sup> mult.! | ! Halothan-<br>reaktion | ! Prüf-<br>art | ! Schlacht-<br>tag |
|---------------------------|---------|-----------|-------------------------|-------------------------|----------------|--------------------|
| ! FG=376                  | !       | !         | !                       | !                       | !              | !                  |
| ! pH 1 RM                 | ! 0.31  | ! 0.33    | !                       | 117.75 ***              | ! 1.60         | ! 2.22 ***         |
| ! pH 24 RM                | ! 0.17  | ! 0.22    | !                       | 0.13                    | ! 0.59         | ! 2.77 ***         |
| ! pH 1 S                  | ! 0.30  | ! 0.25    | !                       | 77.13 ***               | ! 3.95 *       | ! 1.39             |
| ! pH 24 S                 | ! 0.25  | ! 0.21    | !                       | 3.14                    | ! 2.07         | ! 2.49 ***         |
| ! Göfo 1 S                | ! 9.09  | ! 0.38    | !                       | 19.75 ***               | ! 1.84         | ! 5.89 ***         |
| ! Göfo 24 S               | ! 8.57  | ! 0.46    | !                       | 7.21 **                 | ! 2.72         | ! 8.64 ***         |
| ! Göfo 24 RM              | ! 11.62 | ! 0.37    | !                       | 67.54 ***               | ! 2.24         | ! 4.49 ***         |
| ! Saf 1 S <sup>2)</sup>   | ! 6.53  | ! 0.13    | !                       | 4.73 *                  | ! 2.35         | ! 1.15             |
| ! Saf 24 S <sup>2)</sup>  | ! 6.06  | ! 0.14    | !                       | 1.14                    | ! 2.09         | ! 1.37             |
| ! Saf 24 RM <sup>2)</sup> | ! 6.73  | ! 0.21    | !                       | 1.98                    | ! 4.01 *       | ! 2.14 **          |
| ! R 1 <sup>1)</sup>       | ! 0.09  | ! 0.46    | !                       | 134.41 ***              | ! 0.04         | ! 3.55 ***         |
| ! Rig 1 S <sup>2)</sup>   | ! 2.11  | ! 0.34    | !                       | 20.52 ***               | ! 0.63         | ! 2.85 ***         |
| ! Rig 24 S <sup>2)</sup>  | ! 1.88  | ! 0.49    | !                       | 2.96                    | ! 2.36         | ! 8.32 ***         |
| ! Rig 24 RM <sup>2)</sup> | ! 5.11  | ! 0.23    | !                       | 6.30 *                  | ! 0.06         | ! 2.36 ***         |

<sup>1)</sup> FG = 355

<sup>2)</sup> FG = 236

b) LSQ-Mittelwerte für die Halothanreaktion

| ! Merkmal     | ! LSQ-Mittelwerte<br>! der Halothanreak. | ! F-Wert     |
|---------------|------------------------------------------|--------------|
| ! Hal+ ! Hal- | !                                        | !            |
| ! pH 1 RM     | ! 5.76 ! 6.15                            | ! 117.75 *** |
| ! pH 24 RM    | ! 5.74 ! 5.74                            | ! 0.13       |
| ! pH 1 S      | ! 5.86 ! 6.16                            | ! 77.13 ***  |
| ! pH 24 S     | ! 5.93 ! 5.98                            | ! 3.14       |
| ! Göfo 1 S    | ! 68.74 ! 73.35                          | ! 19.75 ***  |
| ! Göfo 24 S   | ! 75.19 ! 77.84                          | ! 7.21 **    |
| ! Göfo 24 RM  | ! 55.84 ! 66.75                          | ! 67.54 ***  |
| ! Saf 1 S     | ! 22.40 ! 20.42                          | ! 4.73 *     |
| ! Saf 24 S    | ! 20.27 ! 19.37                          | ! 1.14       |
| ! Saf 24 RM   | ! 24.65 ! 23.34                          | ! 1.98       |
| ! R 1         | ! 1.17 ! 1.05                            | ! 134.41 *** |
| ! Rig 1 S     | ! 12.30 ! 10.97                          | ! 20.52 ***  |
| ! Rig 24 S    | ! 11.00 ! 11.45                          | ! 2.96       |
| ! Rig 24 RM   | ! 8.44 ! 10.24                           | ! 6.30 *     |

#### 2.3.4.3. Zusammenhang der CK-Aktivität

- mit der Mast- und Schlachtleistung und Häufigkeitsverteilung der Handelsklassen

Mit Ausnahme des Schinkenanteils steht die Höhe der CK-Aktivität in Beziehung zu allen untersuchten Parametern der Mast- und Schlachtleistung (Tabelle 49). Die Regressionskoeffizienten sind hoch signifikant. Mit einer Steigerung der CK-Aktivität erhöhen sich Zunahme, Fleischfläche und Schinkenanteil. Die Werte aller anderen Merkmale fallen ab. Nicht statistisch signifikant ist jedoch die Steigerung des Schinkenanteils. Die Erhöhung der CK-Werte ist mit einer Verbesserung der Mast- und Schlachtleistungsmerkmale verbunden.

##### . Häufigkeitsverteilung der Handelsklassen

Sowohl für  $\log CK_1$  als auch für  $\log CK_2$  wurden hoch signifikante  $\chi^2$ -Werte berechnet (Tabelle 33). Es zeigt sich, daß niedrigere CK-Werte häufiger in den Handelsklassen I, II und III vorkommen. Die Klassen mit höherer CK-Aktivitäten (Kl.3) erhalten bevorzugt die Handelsklasse Extra. Die höheren Werte der CK-Aktivität sind somit in positiver Beziehung zu einer überdurchschnittlich guten Handelsklassifizierung.

- mit der Fleischbeschaffenheit und Häufigkeitsverteilung der Fleischbeschaffenheitsklassen

Die Beziehungen zwischen CK-Aktivität und Fleischbeschaffenheitsmerkmalen wurden mit Hilfe von Regressionen berechnet (Tabellen 50 und 51). Die CK-Aktivität im MPA-Material steigt mit locker gebundenem Wasser (Saft), R- und Rigor<sub>1</sub>S-Wert, während die Regression für die anderen Merkmale negativ ist. Die Beziehungen sind hoch signifikant zwischen der CK-Aktivität im Blut und allen Fleischbeschaffenheitsmerkmalen mit Ausnahme von  $pH_{24}$ , Göfo<sub>24</sub>S und Saf<sub>24</sub>-Wert (Tabelle 50).

Im Feldmaterial bestehen signifikant negative Regressionen der CK-Aktivität mit allen gemessenen Merkmalen der Fleischbeschaffenheit mit Ausnahme von  $pH_{24}$ -Wert und R<sub>1</sub>-Wert (Tabelle 51).

Die Erhöhung der CK-Aktivität im Blut weist auf eine Verschlechterung der Fleischbeschaffenheitsmerkmale hin, die auch in den unterschiedlichen Vorzeichen zum Ausdruck kommt.

##### . Häufigkeitsverteilung der Fleischbeschaffenheitsklassen

Die Gegenüberstellung von CK-Wert-Klassen und Fleischbeschaffenheitsklassen zeigt ebenfalls enge Beziehungen zwischen dem CK-Wert und der Fleischbeschaffenheit sowohl im Gesamt- als auch im MPA- und Feldmaterial (Tabellen 44, 45 u. 46). Kleinere CK-Werte kommen bevorzugt mit normalem Fleisch und weniger mit Fleischbeschaffenheitsmängeln vor. Das mangelhafte Fleisch kommt vermehrt mit erhöhten CK-Werten in Kl.3 vor. Die Kl.2 zeigt eine intermediäre Tendenz. Die Fleischbeschaffenheit verschlechtert sich mit der Erhöhung der CK-Aktivität der Tiere sehr deutlich.

Tabelle 49. Einfluß der CK-Aktivität auf die Merkmale der Mast- und Schlachtleistung (MPA-Material)

a) Varianzanalyse für CK-Aktivität

| !                 | !Rest    | !      | ! | F-Wert    |            |            | ! |
|-------------------|----------|--------|---|-----------|------------|------------|---|
| !                 | !Fehler! | $r^2$  | ! |           |            |            | ! |
| !Merkmal          | !FG=400! | mult.! | ! | logCK     | !Prüfart   | !Schlacht- | ! |
| !                 | !        | !      | ! | !         | !          | gew.       | ! |
| !TZ               | !77.93   | !0.03  | ! | 7.35 **   | !1.59      | !2.87      | ! |
| !FV               | !0.20    | !0.07  | ! | 6.84 **   | !18.84 *** | !0.97      | ! |
| !HKlasse          | !0.59    | !0.12  | ! | 41.98 *** | !0.82      | !3.42      | ! |
| !Kö.Länge         | !2.21    | !0.03  | ! | 4.36 *    | !0.01      | !8.78 **   | ! |
| !Rück.Speck       | !0.33    | !0.07  | ! | 18.19 *** | !7.50 **   | !2.51      | ! |
| !Seit.Speck       | !0.52    | !0.08  | ! | 26.34 *** | !3.22      | !4.11 *    | ! |
| !Speckmaß B       | !0.28    | !0.10  | ! | 28.86 *** | !11.11 *** | !2.58      | ! |
| !Fl.Fläche        | !4.04    | !0.14  | ! | 48.44 *** | !11.01 *** | !0.32      | ! |
| !Ft.Fläche        | !2.79    | !0.07  | ! | 15.43 *** | !10.51 **  | !0.16      | ! |
| !Fl/Ft-Verh.      | !0.08    | !0.13  | ! | 37.08 *** | !14.83 *** | !0.09      | ! |
| !Schinken-%       | !1.06    | !0.01  | ! | 2.54      | !1.15      | !0.98      | ! |
| !QB <sup>1)</sup> | !0.06    | !0.16  | ! | 39.00 *** | !5.46 *    | !0.27      | ! |

<sup>1)</sup> FG = 246

b) Regressionskoeffizienten der Mast- und Schlachtungsmerkmale auf logCK-Werten

| !            | !       | ! | !     | !          |
|--------------|---------|---|-------|------------|
| !Merkmal     | !a      | ! | b     | !F-Wert    |
| !            | !       | ! | !     | !          |
| !TZ          | !593.88 | ! | 25.85 | !7.35 **   |
| !FV          | !2.98   | ! | -0.07 | !6.84 **   |
| !HKlasse     | !4.02   | ! | -0.47 | !41.98 *** |
| !Kö.Länge    | !90.23  | ! | -0.56 | !4.36 *    |
| !Rück.Speck  | !2.31   | ! | -0.17 | !18.19 *** |
| !Seit.Speck  | !1.80   | ! | -0.32 | !26.34 *** |
| !Speckmaß B  | !1.26   | ! | -0.19 | !28.86 *** |
| !Fl.Fläche   | !37.60  | ! | 3.44  | !48.44 *** |
| !Ft.Fläche   | !25.05  | ! | -1.34 | !15.43 *** |
| !Fl/Ft-Verh. | !0.59   | ! | -0.06 | !37.08 *** |
| !Schinken-%  | !29.27  | ! | 0.21  | !2.54      |
| !QB          | !0.36   | ! | -0.06 | !39.00 *** |

Tabelle 50. Einfluß der CK-Aktivität auf die Merkmale der Fleischbeschaffenheit (MFA-Material)

## a) Varianzanalyse für CK-Aktivität

| !                        | !       | !      | ! | F-Wert    |        |            |   | ! |
|--------------------------|---------|--------|---|-----------|--------|------------|---|---|
| !                        | Rest    | !      | ! |           |        |            |   | ! |
| !Merkmal                 | Fehler! | $r^2$  | ! | logCK     | !Prüf- | !Schlacht- | ! | ! |
| !                        | FG=376! | mult.! | ! | !         | !art   | !tag       | ! | ! |
| !pH 1 RM                 | 0.33    | 0.26   | ! | 69.55 *** | 0.00   | 1.92 **    | ! | ! |
| !pH 24 RM                | 0.17    | 0.22   | ! | 1.50      | 0.38   | 2.87 ***   | ! | ! |
| !pH 1 S                  | 0.31    | 0.16   | ! | 29.27 *** | 0.69   | 0.97       | ! | ! |
| !pH 24 S                 | 0.25    | 0.20   | ! | 0.03      | 1.25   | 2.48 ***   | ! | ! |
| !Göfo 1 S                | 9.12    | 0.38   | ! | 16.94 *** | 3.40   | 5.80 ***   | ! | ! |
| !Göfo 24 S               | 8.64    | 0.45   | ! | 1.14      | 1.56   | 8.34 ***   | ! | ! |
| !Göfo 24 RM              | 12.40   | 0.28   | ! | 13.23 *** | 0.10   | 3.58 ***   | ! | ! |
| !Saf 1 S <sup>2)</sup>   | 6.54    | 0.13   | ! | 4.40 *    | 1.93   | 1.13       | ! | ! |
| !Saf 24 S <sup>2)</sup>  | 6.07    | 0.14   | ! | 0.78      | 1.87   | 1.42       | ! | ! |
| !Saf 24 RM <sup>2)</sup> | 6.75    | 0.20   | ! | 0.26      | 3.45   | 2.10 **    | ! | ! |
| !R 1 <sup>1)</sup>       | 0.10    | 0.35   | ! | 51.01 *** | 0.94   | 2.75 ***   | ! | ! |
| !Rig 1 S <sup>2)</sup>   | 2.17    | 0.30   | ! | 8.00 **   | 1.40   | 3.39 ***   | ! | ! |
| !Rig 24 S <sup>2)</sup>  | 1.87    | 0.50   | ! | 4.88 *    | 2.62   | 8.29 ***   | ! | ! |
| !Rig 24 RM <sup>2)</sup> | 5.11    | 0.23   | ! | 6.64 *    | 0.16   | 2.31 ***   | ! | ! |
| !                        | !       | !      | ! | !         | !      | !          | ! | ! |

<sup>1)</sup> FG = 355<sup>2)</sup> FG = 236

## b) Regressionskoeffizienten der Fleischbeschaffenheitsmerkmale auf logCK-Werten

| !Merkmal    | a     | b     | F-Wert    | ! |
|-------------|-------|-------|-----------|---|
| !pH 1 RM    | 6.32  | -0.37 | 69.55 *** | ! |
| !pH 24 RM   | 5.56  | 0.03  | 1.50      | ! |
| !pH 1 S     | 5.94  | -0.23 | 29.27 *** | ! |
| !pH 24 S    | 5.75  | 0.01  | 0.03      | ! |
| !Göfo 1 S   | 69.95 | -5.01 | 16.94 *** | ! |
| !Göfo 24 S  | 79.45 | -1.25 | 1.14      | ! |
| !Göfo 24 RM | 46.84 | -6.10 | 13.23 *** | ! |
| !Saf 1 S    | 13.00 | 2.39  | 4.40 *    | ! |
| !Saf 24 S   | 14.31 | 0.94  | 0.78      | ! |
| !Saf 24 RM  | 4.54  | 0.60  | 2.26      | ! |
| !R 1        | 0.92  | 0.10  | 51.01 *** | ! |
| !Rig 1 S    | 9.05  | 1.07  | 8.00 **   | ! |
| !Rig 24 S   | 9.02  | -0.73 | 4.88 *    | ! |
| !Rig 24 RM  | 10.42 | -2.33 | 6.64 *    | ! |
| !           | !     | !     | !         | ! |

Tabelle 51. Einfluß der CK-Aktivität auf die Merkmale der Fleischbeschaffenheit (Feldmaterial)

a) Varianzanalyse für die CK-Aktivität

| ! Merkmal                 | ! Rest-<br>! Fehler<br>! (FG=189) | ! $r^2$<br>! mult. | ! F-Wert    |   |                |   |
|---------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------|---|----------------|---|
| !                         | !                                 | !                  | ! logCK     | ! | ! Schlachtttag | ! |
| ! pH 1 RM                 | ! 0.30                            | ! 0.24             | ! 42.24 *** | ! | ! 1.28         | ! |
| ! pH 24 RM                | ! 0.14                            | ! 0.18             | ! 0.16      | ! | ! 6.01 ***     | ! |
| ! pH 1 S                  | ! 0.30                            | ! 0.32             | ! 42.39 *** | ! | ! 4.96 ***     | ! |
| ! pH 24 S                 | ! 0.22                            | ! 0.10             | ! 0.12      | ! | ! 2.64 *       | ! |
| ! Göfo 1 S                | ! 11.07                           | ! 0.13             | ! 6.41 *    | ! | ! 3.05 **      | ! |
| ! Göfo 24 S <sup>1)</sup> | ! 9.91                            | ! 0.43             | ! 4.83 *    | ! | ! 21.16 ***    | ! |
| ! Göfo 24 RM              | ! 11.03                           | ! 0.50             | ! 23.41 *** | ! | ! 23.45 ***    | ! |
| ! R 1                     | ! 0.10                            | ! 0.34             | ! 30.65 *** | ! | ! 9.64 ***     | ! |

<sup>1)</sup> FG = 173

b) Regressionskoeffizienten der Fleischbeschaffenheitsmerkmale auf logCK-Werten

| ! Merkmal    | ! a     | ! b     | ! F-Wert    | ! |
|--------------|---------|---------|-------------|---|
| ! pH 1 RM    | ! 7.16  | ! -0.33 | ! 42.24 *** | ! |
| ! pH 24 RM   | ! 5.63  | ! 0.01  | ! 0.16      | ! |
| ! pH 1 S     | ! 6.81  | ! -0.33 | ! 42.39 *** | ! |
| ! pH 24 S    | ! 5.69  | ! 0.01  | ! 0.12      | ! |
| ! Göfo 1 S   | ! 84.89 | ! -4.77 | ! 6.41 *    | ! |
| ! Göfo 24 S  | ! 89.97 | ! -3.85 | ! 4.83 *    | ! |
| ! Göfo 24 RM | ! 85.87 | ! -9.08 | ! 23.41 *** | ! |
| ! R 1        | ! 0.81  | ! 0.10  | ! 30.65 *** | ! |

#### 2.3.4.4. Zusammenhang der Halothanreaktion und CK-Aktivität

##### - mit der Mast- und Schlachtleistung

In einem weiteren Auswertungsschritt werden Halothan- und CK-Reaktivität gleichzeitig in Beziehung mit den Mast- und Schlachtleistungsmerkmalen getestet. Wie Tabelle 52 zeigt, sind

Tabelle 52. Zusammenhänge zwischen Halothanreaktion und CK-Aktivität mit der Mast- und Schlachtleistung (MPA-Material)

##### a) Varianzanalyse für die Halothanreaktion

| Merkmal          | ! Rest    | !        | !           | F-Wert       |              |            |   |
|------------------|-----------|----------|-------------|--------------|--------------|------------|---|
|                  | ! Fehler! | $r^2$    | !           | logCK        | ! Prüfarm    | ! Schlacht | ! |
|                  | ! FG=399! | ! mult.! | ! Halothan! |              | !            | ! gew.     | ! |
| TZ               | ! 77.95   | ! 0.04!  | 0.83        | ! 3.74       | ! 1.24       | ! 2.76     |   |
| FV               | ! 0.20    | ! 0.07!  | 0.01        | ! 5.04 *     | ! 18.27 ***! | 0.96       |   |
| HKlasse          | ! 0.58    | ! 0.14!  | 11.17***!   | 17.27 ***!   | 0.19         | ! 2.51     |   |
| Kö. Länge        | ! 2.19    | ! 0.05!  | 8.05**      | ! 0.24       | ! 0.24       | ! 10.36 ** |   |
| Rück. Sp.        | ! 0.33    | ! 0.07!  | 0.21        | ! 15.67 ***! | 7.70 **      | ! 2.37     |   |
| Seit. Sp.        | ! 0.51    | ! 0.08!  | 1.09        | ! 16.02 ***! | 2.66         | ! 4.45 *   |   |
| SpMaß B          | ! 0.28    | ! 0.11!  | 3.66        | ! 14.53 ***! | 9.25 **      | ! 3.12     |   |
| Fl. Flä.         | ! 3.97    | ! 0.17!  | 13.10***!   | 19.92 ***!   | 7.98 **      | ! 0.78     |   |
| Ft. Flä.         | ! 2.78    | ! 0.08!  | 1.30        | ! 8.42 **    | ! 9.30 **    | ! 0.09     |   |
| Fl/Ft-V.         | ! 0.08    | ! 0.15!  | 7.09**      | ! 16.87 ***! | 12.02 ***!   | 0.27       |   |
| Schi.-%          | ! 1.06    | ! 0.01!  | 0.17        | ! 1.44       | ! 1.01       | ! 0.90     |   |
| QB <sup>1)</sup> | ! 0.05    | ! 0.19!  | 8.41**      | ! 17.52 ***! | 4.19 *       | ! 0.89     |   |

<sup>1)</sup> FG = 248

##### b) Regressionskoeffizienten der Mast- und Schlachtleistungsmerkmale auf logCK-Werten unter Einbeziehung der Halothanreaktion

| ! Merkmal     | ! a      | ! b     | ! F-Wert    | ! |
|---------------|----------|---------|-------------|---|
| ! TZ          | ! 605.37 | ! 21.05 | ! 3.74      | ! |
| ! FV          | ! 2.98   | ! -0.06 | ! 5.04 *    | ! |
| ! HKlasse     | ! 3.49   | ! -0.34 | ! 17.27 *** | ! |
| ! Kö. Länge   | ! 88.54  | ! -0.15 | ! 0.24      | ! |
| ! Rück. Speck | ! 2.35   | ! -0.18 | ! 15.67 *** | ! |
| ! Seit. Speck | ! 1.65   | ! -0.29 | ! 16.02 *** | ! |
| ! Speckmaß B  | ! 1.11   | ! -0.15 | ! 14.53 *** | ! |
| ! Fl. Fläche  | ! 41.51  | ! 2.48  | ! 19.92 *** | ! |
| ! Ft. Fläche  | ! 24.19  | ! -1.13 | ! 8.42 **   | ! |
| ! Fl/Ft-Verh. | ! 0.53   | ! -0.05 | ! 16.87 *** | ! |
| ! Schinken-%  | ! 29.38  | ! 0.18  | ! 1.44      | ! |
| ! QB          | ! 0.28   | ! -0.05 | ! 17.52 *** | ! |

beim CK-Test mehr Merkmale signifikant als beim Halothantest, d.h. daß bei fast allen Merkmalen der CK-Test noch zusätzliche Unterschiede zwischen den halothangetesteten Tieren feststellen kann. Demgegenüber erklärt der CK-Test bei den Speckmaßen alle Variation, so daß der Halothantest keine zusätzliche Information liefert.

Aus den Regressionskoeffizienten ist ersichtlich, daß je größer die CK-Aktivität wird, um so größer werden die Werte der Tageszunahme, Fleischfläche und des Schinkenanteils und um so niedriger die Werte anderer Merkmale der Mast- und Schlachtleistung. Die Beziehung ist nicht signifikant für Tageszunahme, Körperlänge und Schinkenanteil.

- mit der Fleischbeschaffenheit

In Tabelle 53 fällt auf, daß nur noch bei 3 Merkmalen der F-Wert für die CK-Aktivität signifikant ist gegenüber 9 Signifikanzen bei der getrennten Betrachtung von CK (Tabelle 50). Daraus kann man schließen, daß bei Merkmalen der Fleischbeschaffenheit der Halothantest den größten Teil der Unterschiede erfassen kann. Lediglich bei den in der 1. Stunde gemessenen Merkmalen ( $pH_{1RM}$ ,  $Göfo_1$  und  $R_1$ ) erklärt der CK-Test zusätzliche Variation. Der  $pH_{1RM}$  und  $Göfo_1S$  verringern sich mit steigender CK-Aktivität der Tiere, während der R-Wert ansteigt.

Tabelle 53. Zusammenhänge zwischen Halothanreaktion und CK-Aktivität mit der Fleischbeschaffenheit (MPA)

a) Varianzanalyse für die Halothanreaktion und CK-Aktivität

| Merkmal                 | F-Wert                 |                   |            |            |                  |                     |     |
|-------------------------|------------------------|-------------------|------------|------------|------------------|---------------------|-----|
|                         | ! Rest                 | !                 | !          | !          | !                | !                   | !   |
|                         | ! Fehler!<br>! FG=375! | $r^2$<br>! mult.! | ! Hal      | ! logCK    | ! Prüf-<br>! art | ! Schlacht<br>! Tag |     |
| pH 1 RM                 | ! 0.30                 | ! 0.37            | ! 61.45*** | ! 18.84*** | ! 1.64           | ! 2.49              | *** |
| pH 24 RM                | ! 0.17                 | ! 0.23            | ! 1.09     | ! 2.46     | ! 0.60           | ! 2.85              | *** |
| pH 1 S                  | ! 0.29                 | ! 0.26            | ! 48.23*** | ! 3.52     | ! 3.95*          | ! 1.34              |     |
| pH 24 S                 | ! 0.25                 | ! 0.21            | ! 4.34*    | ! 1.22     | ! 2.09           | ! 2.52              | *** |
| Göfo 1 S                | ! 9.03                 | ! 0.39            | ! 8.25**   | ! 5.53*    | ! 1.89           | ! 6.09              | *** |
| Göfo 24 S               | ! 8.58                 | ! 0.46            | ! 6.06*    | ! 0.03     | ! 2.71           | ! 8.61              | *** |
| Göfo 24 RM              | ! 11.63                | ! 0.37            | ! 52.34*** | ! 0.01     | ! 2.23           | ! 4.48              | *** |
| Saf 1 S <sup>3)</sup>   | ! 6.53                 | ! 0.14            | ! 1.69     | ! 1.37     | ! 2.34           | ! 1.15              |     |
| Saf 24 S <sup>3)</sup>  | ! 6.07                 | ! 0.14            | ! 0.52     | ! 0.17     | ! 2.08           | ! 1.37              |     |
| Saf 24 RM <sup>3)</sup> | ! 6.74                 | ! 0.21            | ! 1.76     | ! 0.05     | ! 4.00*          | ! 2.14              | **  |
| R 1 <sup>1)</sup>       | ! 0.09                 | ! 0.48            | ! 83.26*** | ! 8.75**   | ! 0.06           | ! 3.24              | *** |
| Rig 1 S <sup>3)</sup>   | ! 2.12                 | ! 0.34            | ! 12.63*** | ! 0.54     | ! 0.63           | ! 2.86              | *** |
| Rig 24 S <sup>3)</sup>  | ! 1.87                 | ! 0.50            | ! 0.49     | ! 2.38     | ! 2.35           | ! 8.27              | *** |
| Rig 24 RM <sup>3)</sup> | ! 5.10                 | ! 0.24            | ! 1.96     | ! 2.29     | ! 0.06           | ! 2.32              | *** |

<sup>1)</sup> FG = 354

<sup>2)</sup> FG = 117

<sup>3)</sup> FG = 235

b) Regressionskoeffizienten der Fleischbeschaffenheitsmerkmale auf logCK-Werten unter Einbeziehung der Halothanreaktion

| !Merkmal    | ! | a     | ! | b     | ! | F-Wert    | ! |
|-------------|---|-------|---|-------|---|-----------|---|
| !pH 1 RM    | ! | 6.17  | ! | -0.20 | ! | 18.84 *** | ! |
| !pH 24 RM   | ! | 5.55  | ! | 0.04  | ! | 2.46      | ! |
| !pH 1 S     | ! | 5.81  | ! | -0.08 | ! | 3.52      | ! |
| !pH 24 S    | ! | 5.71  | ! | 0.04  | ! | 1.22      | ! |
| !Göfo 1 S   | ! | 68.25 | ! | -3.23 | ! | 5.53 *    | ! |
| !Göfo 24 S  | ! | 78.16 | ! | 0.21  | ! | 0.03      | ! |
| !Göfo 24 RM | ! | 41.29 | ! | -0.16 | ! | 0.01      | ! |
| !Saf 1 S    | ! | 13.99 | ! | 1.54  | ! | 1.37      | ! |
| !Saf 24 S   | ! | 14.82 | ! | 0.50  | ! | 0.17      | ! |
| !Saf 24 RM  | ! | 5.58  | ! | -0.29 | ! | 0.05      | ! |
| !R 1        | ! | 0.97  | ! | 0.04  | ! | 8.75 **   | ! |
| !Rig 1 S    | ! | 9.93  | ! | 0.31  | ! | 0.54      | ! |
| !Rig 24 S   | ! | 8.85  | ! | -0.59 | ! | 2.38      | ! |
| !Rig 24 RM  | ! | 9.53  | ! | -1.58 | ! | 2.29      | ! |

## 2.4. DISKUSSION

Zweck der Untersuchungen war, die Beziehungen zwischen dem H-Blutgruppensystem, den polymorphen Blutenzymsystemen (PHI, 6-PGD und ADA), der Halothanreaktion und der CK-Aktivität nachzuweisen und ihre Beziehungen auf die Leistungsmerkmale an Schweinen der Deutschen Landrasse (DL) zu prüfen. Anhand der Ergebnisse werden die Untersuchungen erörtert.

### 2.4.1. Frequenzen und Häufigkeitsverteilungen der Blutparameter und Halothanreaktion sowie Leistungen

Obwohl die Genfrequenzen von Population zu Population variieren können, ist aber bei der Interpretation der Genfrequenzen zu beachten, daß das Tiermaterial keine unabhängige Stichprobe darstellte. Vielmehr wurden die Tiere anhand der Halothanreaktion ausgewählt, damit genügend Hal(-)-Tiere zum Vergleich der Leistungen zur Verfügung standen, so daß Kopplungsbeziehungen auch zu einer Veränderung der Genfrequenzen der Blutparameter führen können.

Die Genfrequenzen für die Systeme H, PHI, 6-PGD und ADA lagen im vorliegenden Material unterschiedlich von den in der Literatur berichteten Ergebnissen in anderen Rassen (FRANCESCHI u. OLLIVIER, 1980). In DL können nach MEYER u.a. (1978) die Genfrequenzen von 0.91 für das  $H^a$ -Allel und 1.0 für das  $PHI^B$ -Allel berechnet werden. Im 6-PGD-System lassen sich ebenfalls die Frequenzen von 0.17 für A und 0.83 für B berechnet. Im Untersuchungsmaterial lag hingegen die Genfrequenz für  $H^a$  mit 0.48 deutlich niedriger als in der Literatur beschrieben. Gleichzeitig kamen auch Tiere mit dem Allel  $PHI^A$  mit der Frequenz von 0.15 vor. Der Anteil der 6-PGD<sup>A</sup>-Allele lag mit 0.33 über den Literaturangaben.

Nach SCHMITTEN (1982) betrug der Mittelwert der CK-Aktivität  $\log CK = 3.49$  bei DL. LAMPO (1976) fand nach Belastung Mittelwerte von  $\log CK = 3.26$  für Pietrain,  $\log CK = 3.19$  für Belgische Landrasse und  $\log CK = 2.86$  für Large White mit Standardabweichungen von 0.30, 0.32 bzw. 0.43. Beim VLS betrug der Mittelwert der CK-Aktivität  $\log CK = 2.60$  mit Standardabweichung von 0.35, während er beim ES  $\log CK = 2.48$  mit Standardabweichung von 0.29 betrug (SCHWÖRER, 1982). Die DL-Schweine im Untersuchungsmaterial zeigten eine relative Homogenität bezüglich der CK-Aktivität, da kein wesentlicher Unterschied zwischen den Werten im MPA- und Feldmaterial bestand. Der Mittelwert lag bei 3.07 mit einer Standardabweichung von 0.42 und entspricht damit den Literaturangaben.

Die Kopplungsbeziehungen zwischen blutpolymorphen Systemen, Halothanreaktion und CK-Aktivität sind in Tabelle 54 zusammengefaßt.

Tabelle 54. Übersicht der  $\chi^2$  der Blutparameter und Halothanreaktionen (n=619 für die Blutparameter, n=422 für Halothanreaktion).

| ! Systeme | S y s t e m e |       |       |        |        |         |          |
|-----------|---------------|-------|-------|--------|--------|---------|----------|
|           | !Hal!         | H     | !PHI  | !6-PGD | !ADA   | !logCK1 | !logCK2! |
| !Hal      | ! _           | ! n.s | ! **  | ! n.s. | ! n.s. | ! ***   | ! ***    |
| !H        | ! !           | ! _   | ! *** | ! ***  | ! n.s. | ! n.s.  | ! n.s.   |
| !PHI      | ! !           | ! !   | ! _   | ! ***  | ! **   | ! ***   | ! ***    |
| !6-PGD    | ! !           | ! !   | ! !   | ! _    | ! *    | ! *     | ! ***    |
| !ADA      | ! !           | ! !   | ! !   | ! !    | ! _    | ! n.s.  | ! n.s.   |

Die Ergebnisse stimmen mit den Angaben anderer Autoren bei DL (MEYER u.a.,1978) sowie bei anderen Rassen (ANDRESEN,1970a,b u.1980a; RASMUSEN u.a.,1980; ANDRESEN u.a.,1981b) überein. Die Ergebnisse der  $\chi^2$ -Tests deuten auf eine Kopplung zwischen Blutgruppensystem H, PHI und 6-PGD hin, wobei der Typ Ha/. bevorzugt mit PHI-BB und PGD-BB vorkommt. Die Beziehung von PHI und 6-PGD zum ADA-System schien schwach zu sein, während kein signifikanter Zusammenhang des ADA-Systems mit dem H-System zu bestehen scheint.

PHI und 6-PGD stehen außerdem im Zusammenhang mit den CK-Werten, wobei der Typ AA in beiden Systemen eine Tendenz für die höhere CK-Aktivität zeigt.

In der vorliegenden Arbeit wies die Halothanreaktion signifikante Beziehungen nur zum PHI-System auf. Zwar überwogen die PHI-BB-Tiere, Hal(+)-Tiere hatten aber häufiger als erwartet den Typ PHI-AA. Demgegenüber entsprach die Frequenz der PHI-BB-Tiere in den Halothanreaktionsklassen den Erwartungswerten. PHI-AB kam häufiger mit Hal(-)-Tieren vor.

Nach den Angaben in der Literatur trat PHI-BB in verschiedenen Rassen bevorzugt in Verbindung mit einer halothanpositiven Reaktion, wobei das PHI-B-Allel besonders häufig in halothanempfindlichen Rassen (Pietrain, Belgische Landrasse) vorkam und alle oder fast alle Hal(+)-Tiere vom Typ PHI-BB waren (JÖRGENSEN u.a.,1976a,b; ANDRESEN,1979b; FRANCESCHI u.OLLIVIER,1980; ANDRESEN u.a.1981b; VÖGELI u.SCHWÖRER,1982; VÖGELI u.a.,1982a,c u.1983; HANSET u.a.1983; RASMUSEN,1983; STUR u.a.,1983). MEYER u.a.(1978) konnten PHI nicht in die Untersuchung einbeziehen, da alle Tiere PHI-BB besaßen.

Damit stehen unsere Ergebnisse im Widerspruch zu anderen Untersuchungen. Sie sind aber konsistent mit den Ergebnissen der Analyse der CK-Werte. Auch dort weisen die streßempfindlicheren Tiere mit hohen CK-Werten vermehrt den Genotyp PHI-AA auf. In

Kopplungsbeziehungen zwischen PHI- und Hal-Locus scheint in der Population das Gen A bevorzugt mit dem Gen n vorzukommen.

Diese Ergebnisse unterstützen die Theorie von VÖGELI u.a. (1982a), daß der 6-PGD-Locus sehr weit vom Halothanlocus entfernt sein muß. Hier kann auch die Feststellung von GUERIN u.a. (1980) von Bedeutung sein, daß der Hal-Locus in einigen Schweinerassen wahrscheinlich außerhalb des Abschnitts PHI/PGD liegt. Demgegenüber haben MEYER u.a. (1978) eine signifikante Beziehung zwischen dem 6-PGD-System und der Halothanreaktion beobachtet.

Wie in den vorliegenden Auswertungen, fanden auch ALLEN u.a. (1976), EIKELENBOOM u.a. (1976), JÖRGENSEN u.a. (1976b); KITTLER u.DZAPÖ (1978), SCHWÖRER u.BLUM (1978), KALLWEIT (1980b), SCHMITTEN (1982) und SCHWÖRER (1982) eine statistisch hoch signifikante Beziehung zwischen CK- und Halothanreaktion in DL, Dänischer Landrasse, Pietrain und beim VLS. Hal(+)-Tiere besaßen durchschnittlich höhere CK-Werte, während die CK-Aktivität der homozygoten und heterozygoten Hal(-)-Tiere ähnlich niedrig war. Es wurde kein Unterschied zwischen CK-Aktivitäten der Hal(+)- und Hal(-)-Tiere beim Schweizerischen Edelschwein (ES) gefunden (SCHWÖRER, 1982).

Im vorliegenden Material würde eine Selektion gegen PHI-AA 14% der Hal(+)- und auch 7.4% der Hal(-)-Tiere eliminieren. Richtet man die Selektion gegen das PHI<sup>A</sup>-Allel, werden 16.5% der Hal(+)- und gleichzeitig 15.3% der Hal(-)-Tiere beseitigt. Da heterozygote Tiere bevorzugt mit halothannegativer Reaktion vorkamen, wäre das zweite Vorgehen für die Selektion ungeeignet. Auch ist die Selektion gegen PHI-AA von wenig Interesse, da nur 14% der Hal(+)-Tiere den Genotyp PHI-AA besaßen.

BLENDL u.a. (1984) diskutierten eine Selektion auf Streßresistenz mit Hilfe der CK-Werte. Sie strebten als Selektionsgrenze einen  $\log CK = 2.70$  in DL an. Unter dieser Grenze lagen von den hier untersuchten Tieren (MPA) 15% und davon waren 12% Hal(+) (3.1% der halothanpositiven Tiere) und 88% Hal(-)-Tiere (35% der halothannegativen Tiere), d.h. im vorliegenden Material würden nur 15% der Tiere diesen Anforderungen entsprechen. Wurde diese Grenze auf einen  $\log CK = 2.50$  gesenkt, so lagen nur 4.5% der Tiere darunter und davon waren 10% Hal(+)- (0.8% der halothanpositiven Tiere) und 90% Hal(-)-Tiere (10.4% der halothannegativen Tiere). In der Originalpopulation dürften die Ergebnisse noch ungünstiger liegen, da in diesem Material die Hal(-)-Tiere absichtlich erhöht wurden. Während sich bei beiden Selektionsgrenzen die Anzahl der erwünschten Tiere mit der Senkung der Grenzwerte verringerte, verminderte sich auch die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins der Hal(+)-Tiere, die unterhalb der Grenze lagen.

Die Selektion auf Streßresistenz scheint daher mit CK-Aktivität der Tiere erfolgreicher als mit Hilfe der PHI-Typen.

Im Untersuchungsmaterial traten etwa 20% PSE-Fleisch und 16% PSE-v.-Fleisch auf. Die Ergebnisse entsprachen weitgehend den Angaben von SCHWÖRER (1982). Er fand 28.2% bzw. 6.8% PSE-Fleisch beim VLS bzw. ES. Nach SCHWÖRER und BLUM (1983) ist der Anteil an PSE-Fleisch beim VLS auf 9.5% gesunken. Der von MATZKE u.a. (1984) erhobene Anteil an Fleischbeschaffenheitsmänn-

geln war wesentlich höher als im vorliegenden Material. Das ist mit dem höheren Anteil an Hal(-)-Tieren in diesem Material zu erklären. Auch bei MATZKE u.a.(1984) und DGfZ (1984) wie in vorhanden Ergebnissen überwog das PSE-Fleisch im Rückenmuskel, während im Schinken bevorzugt das DFD-Fleisch vorkam. Der größere Anteil an Fleischbeschaffenheitsmängeln (PSE + DFD) im Schinken gegenüber dem im Rückenmuskel wurde auch von KLEIBEL u.a.(1983) beobachtet. Dabei wurde von ihnen der M. gluteus medius als Leitmuskel für PSE-(Zerstörungsniveau der Muskelzellmembranen) Untersuchungen bezeichnet. Bei uns betrug der Unterschied etwa 10% zwischen Rückenmuskel und Schinken.

#### 2.4.2. Beziehungen zwischen Blutmarkern und Leistungen

Im Untersuchungsmaterial waren die Beziehungen der Marker im Blut zur Mast- und Schlachtleistung nicht eng genug, um sie als Hilfsmerkmal für die Selektion auf Mast- und Schlachtleistung zu verwenden. Allein das H-System würde eine Verbesserung des Fleisch-Fett-Verhältnisses durch die Selektion der Ha/-Tiere ermöglichen. Auch beim ES bestand keine Beziehung zwischen Mast- bzw. Schlachtleistung und H- bzw. PHI-System. Beim VLS dagegen wuchsen die Ha- und PHI-B-Tiere gesichert langsamer. Die Tiere vom Genotyp Ha/a, PHI-BB waren fleischreicher und kürzer als die übrigen in dieser Rasse (VÖGELI u.GERWIG,1980; SCHWÖRER,1982; VÖGELI u.a.,1982b,c). Die Ha/-Tiere besaßen den besten K-Index in Finnischer Landrasse (SCHULMAN,1980).

In diesen Untersuchungen wies die Einbeziehung des Gesamttypes (H, PHI, 6-PGD und ADA) auf keine Möglichkeit der Verbesserung der Mast- und Schlachtleistung hin. Allein die Kombination der Typen H -/- und PHI-AA und PGD-AA schien eine Rolle in der Verbesserung des Rücken- und Seitenspecks zu spielen. Die Effekte des 6-PGD-Systems auf Fettansatz wurde bereits von ROGDAKIS (1978) und MAILÄNDER und MÜLLER (1984) berichtet.

Insgesamt scheint somit die Beziehung von Markern mit Mast- und Schlachtleistung ohne Bedeutung zu sein. Das hat den Vorteil, daß die Mast- und Schlachtleistung nur geringfügig verändert würde, falls man mit Hilfe der Bluttypen auf Fleischbeschaffenheit züchtete.

Auch zu den Fleischbeschaffenheitsmerkmalen war die Beziehung des H-Systems nur partiell im MPA-Material vorhanden. H-/-Tiere besaßen die besten Fleischbeschaffenheitsmerkmale. Die Beschränkung der Beziehung des PHI-Systems auf den  $pH_{1RM}$  und R-Wert im MPA-Material erlaubte keine Aussage über die Fleischbeschaffenheit. Berücksichtigte man die Beziehung der Bluttypen zu den Fleischbeschaffenheitsklassen so zeigt nur das PHI-System im Gesamtmaterial einen schwachen Zusammenhang zur Fleischbeschaffenheit sowohl im Kotelett als auch im Schinken. Der PHI-AA-Typ wies eine stärkere Tendenz zu Fleischbeschaffenheitsmängeln auf. Isolierte signifikante Abweichungen für das H-System im MPA- und Feldmaterial und für 6-PGD-System im Feld-Material deuten auf die unterschiedlichen Genfrequenzen und Tierzahlen in verschiedenen Teilen des Untersuchungsmaterials bzw. auf zufällige Ergebnisse hin.

In verschiedenen Untersuchungen wurden der Ha- und PHI-BB-Typ als Hinweis auf Fleischbeschaffenheitsmängel beim Schwein betrachtet (VÖGELI u.a., 1982b). Die gegen schlechte Fleischbeschaffenheit durchgeführte Selektion hatte sogar eine signifikante Erniedrigung der Ha-Frequenz in Dänischer Landrasse hervorgerufen (JÖRGENSEN u.a., 1976b; FRANCESCHI u. OLLIVIER, 1980). Beim ES fanden VÖGELI u.a. (1982b,c) dagegen keine Beziehung zwischen Fleischbeschaffenheitsmerkmalen und den Typen des H- und PHI-Systems.

Die untersuchten Blutparameter hatten demnach im vorliegenden Untersuchungsmaterial nicht den gewünschten engen Zusammenhang zu den Fleischbeschaffenheitsmerkmalen gezeigt. Zwar stimmen die gefundenen Beziehungen in der Tendenz mit der Literatur überein, jedoch schienen die Zusammenhänge zu schwach zu sein, um die Blutparameter als Hilfsmerkmal in der Selektion auf Fleischbeschaffenheit zu verwenden.

#### 2.4.3. Beziehungen zwischen Halothanreaktion und Leistungen

Im vorliegenden Tiermaterial wurden enge Beziehungen zwischen der Halothanreaktion und den Merkmalen der Mast- und Schlachtleistung bzw. der Handelsklassifizierung gefunden, wobei die Hal(+)-Tiere eine deutliche Überlegenheit aufwiesen. Diese Ergebnisse bestätigten die Resultate anderer Autoren. So fanden EIKELÉNBOOM u.a. (1976 u. 1978), VERSTEGEN u.a. (1976), SCHMITTEN und SCHEPERS (1978), McLOUGHLIN u.a. (1980), EIFFERT u.a. (1983) und WIEGAND u.a. (1983) auch signifikante Beziehungen der Halothanreaktion zur Tageszunahme. Während im Gruber Material die Hal(+)-Tiere schwach gesicherte höhere Zunahme aufwiesen, berichteten andere Autoren über höhere Zunahme bei Hal(-)-Tieren. Kein statistisch signifikanter Zusammenhang der Halothanreaktion zu Tageszunahme und Futterverwertung wurde von VÖGELI u.a. (1982b), HANSET u.a. (1983) und MATZKE u.a. (1984) im größeren Gruber MPA-Material gefunden. Die im vorhandenen Material berechneten besten Werte bezüglich der Merkmale des Schlachtkörperwertes (Handelsklasse, Speckdicke, Fleisch-Fett-Verhältnis), mit Ausnahme vom Schinkenanteil, wurden auch von MONIN u.a. (1976), SCHMITTEN und SCHEPERS (1978), SCHWÖRER und BLUM (1979), EIKELÉNBOOM u.a. (1980a,b), KALLWEIT (1980b), SCHMITTEN (1982), VÖGELI u.a. (1982b) und FEWSON u.a. (1983) berichtet. Wie bei ihnen sind auch hier Hal(+)-Tiere kürzer.

Im Gegensatz zu Mast- und Schlachtleistungsmerkmalen im Untersuchungsmaterial zeigten die Hal(-)-Tiere die besten Werte für viele Fleischbeschaffenheitsmerkmale gegenüber den Hal(+)-Tieren und damit den kleinsten Anteil an Fleischbeschaffenheitsmängeln. Gleichweise fanden auch u.a. EIKELÉNBOOM u.a. (1976 u. 1980a,b), SCHWÖRER u. BLUM (1979), SCHWÖRER (1982), FEWSON u.a. (1983), KLEIBEL u.a. (1983) und MATZKE u.a. (1984) diese Überlegenheit der Hal(-)-Tiere bei der Fleischbeschaffenheit.

Keine Beziehung der Halothanreaktion zur Schlachtkörperzusammensetzung und Fleischbeschaffenheit wurde dagegen von einigen anderen Autoren in DL, Deutscher Landrasse B (LB), Yorkshire,

Belgischer Landrasse und beim ES gefunden (EIKELENBOOM u.a., 1978; SCHMITTEN u. SCHEPERS, 1978; EINSINGER u.a., 1982; SCHMITTEN 1982; SCHWÖRER, 1982; HANSET u.a. 1983).

#### 2.4.4. Beziehungen zwischen CK-Aktivität und Leistungen

In dieser Untersuchung konnte ein enger Zusammenhang zwischen der Höhe der CK-Aktivität und den Merkmalen der Mastleistung und Schlachtkörperzusammensetzung der DL-Schweine festgestellt werden. Nur der Schinkenanteil bildet hier eine Ausnahme. Die CK-Aktivität stieg mit einer Erhöhung der Zunahmen und einer Vergrößerung der Fleischfläche. Sie fällt jedoch, je höher alle übrigen Merkmale der Mast- und Schlachtleistung sind. D.h. durch Selektion auf niedrige CK-Werte würde man die Tiere in Bezug auf Mast- und Schlachtleistung verschlechtern. Diese Ergebnisse stimmen mit Untersuchungen von BLENDL u.a. (1984) überein, die die logCK-Werte in Klassen unterteilten und einen stärkeren Verfettungsgrad (Rücken- und Seitenspeck, Speckmaß B) bei den Schweinen mit niedrigeren CK-Werten und eine Verbesserung der Fleischfülle (Fleischfläche, Fleisch/Fett-Verhältnis, Schinken) bei denjenigen mit höheren CK-Werten fanden.

Wie für die Mast- und Schlachtleistungsmerkmale, bestand auch eine enge Beziehung zwischen der Höhe der CK-Aktivität und den Fleischbeschaffenheitsmerkmalen bzw. -klassen. Der CK-Wert stand vor allem mit den nach einer Stunde gemessenen Merkmalen im Zusammenhang. Niedrige CK-Werte kamen in Verbindung mit höheren  $pH_1$ - und Göfo<sub>1</sub>-Werten sowie Göfo<sub>24</sub>RM-Werten vor.

Gleichzeitig kamen niedrige CK-Werte häufig in Verbindung mit weniger locker gebundenem Wasser und kleinem  $R_1$ - und

Rigor<sub>1</sub>S-Wert, aber hohem Rigor<sub>24</sub>-Wert vor. BICKHARDT (1970)

fand ebenfalls hohe positive Korrelation zwischen der Menge des auspreßbaren Wassers nach dem Schlachten und der CK-Aktivität ( $r = .789$ ). Die Korrelation zwischen CK-Aktivität und  $pH_1$

betrug nach ADDIS u.a. (1974)  $r = -.57$ . BLENDL u.a. (1984) fanden bei CK-Werten unter logCK = 2.70 beste Fleischbeschaffenheit in allen Kriterien.

#### 2.4.5. Schlußfolgerung

Die Systeme H, S, PHI und 6-PGD erhalten eine große Bedeutung für die Untersuchung auf Verbesserung der Fleischbeschaffenheit aufgrund ihrer Kopplung mit dem Hal-Locus, der als Hauptlocus bezüglich der Streßanfälligkeit beim Schwein betrachtet wird. Die Gene a im H- und B im PHI-System werden am häufigsten betrachtet als solche mit assoziativem Einfluß, ohne direkte Effekte auf die Streßresistenz und Leistungen beim Schwein zu haben. Sie sind also sogenannte Markergene (JÖRGENSEN u.a., 1976b; ANDRESEN u. JENSEN, 1978, 1979a; ANDRESEN, 1979a,b u. 1980a, c; ANDRESEN u.a., 1981a,b; VÖGELI u.a., 1982a u. 1983). Neben den polymorphen Blutsystemen und der Halothanreaktion bringt die CK-Aktivität zusätzliche Informationen über den Streßstatus beim Schwein. Die Enge der Beziehungen zwischen diesen Hilfsmitteln untereinander bzw. zu Leistungsmerkmalen zeigt deutliche Schwankungen in verschiedenen Rassen bzw. Population.

Mit dieser Untersuchung können folgende Fragen beantwortet werden.

1. Welche Marker sind zur Selektion auf bessere Fleischbeschaffenheit geeignet unter Berücksichtigung der Mast- und Schlachtleistung? Allein Halothanreaktion und CK-Aktivität scheinen zur Anwendung geeignet zu sein. Mit Hal(-)-Tieren, die niedrige CK-Werte nach standardisierter Belastung zeigen, sollte gezüchtet werden. Schwache Beziehungen des H- und PHI-Systems zu isolierten Merkmalen der Fleischbeschaffenheit erlauben keinen zuverlässigen Selektionsfortschritt.

2. Welche Nebenwirkungen hätte die Selektion auf bessere Fleischbeschaffenheit für die anderen Produktionsmerkmale? Die Fleischbeschaffenheit steht in negativer Beziehung zu den Merkmalen der Mast- und Schlachtleistung. D.h. die Auswahl der Hal(-)-Tiere mit niedrigen CK-Werten für die Verbesserung der Fleischbeschaffenheit führt zu einer Verschlechterung der Mast- und Schlachtleistung. Es besteht jedoch die Möglichkeit, streßresistente Tiere mit guten Mast- und Schlachtleistungen zu finden. Dadurch können die Verluste während der Mastperiode vermindert werden.

3. Soll der Halothan- oder der CK-Test eingesetzt werden, oder eine Kombination? Wie sollen die Grenzen für eine vorteilhaftere CK-Aktivität zur Selektion auf Streßresistenz festgelegt werden? Ist es nicht besser, die CK-Werte kontinuierlich zu lassen als Klassen zu bilden? Halothan- und CK-Test sind schon relativ weitverbreitete Prüfmethode für die Untersuchung auf den Streßstatus der Tiere. Hohe CK-Aktivitäten können als Hinweis auf heterozygote halothanunempfindliche Tiere dienen. Unter  $\log CK = 2.50$  bzw.  $\log CK = 2.70$  lagen im MPA-Material 10% bzw. 35% der Hal(-)-Tiere. Angenommen, daß alle homozygoten Hal(-)-Tiere (5% des Materials und 12.8% der Hal(-)-Tiere) unter diesen Grenzen liegen, würde kein heterozygoten Tier unter  $\log CK = 2.50$  gefunden, während 22.2% der heterozygoten Tiere noch unter  $\log CK = 2.70$  lägen. Die Selektionsgrenze für die CK-Aktivität sollte nicht auf einen fixen Wert festgelegt werden, sondern dem erwünschten Zuchtfortschritt in der Streßresistenz angepaßt werden. Im Gegensatz zum Merkmal Halothanreaktion könnte das kontinuierliche Merkmal CK-Aktivität relativ einfach in den Selektionsindex aufgenommen werden. Die Klassenbildung für die CK-Werte und die damit verbundene Rundung verursachen bedeutende Verluste der Informationen für die Auswertung.

Andere Leistungen des Schweines wie Fruchtbarkeit, Aufzucht und Vitalität wurden nicht in diese Untersuchung einbezogen.

### 3. ZUSAMMENFASSUNG

Für die Prüfung der Beziehungen zwischen Blutpolymorphismen, Streßresistenz und Leistungen beim Schwein der Deutschen Landrasse wurden 623 Tiere in die Untersuchung einbezogen. Bei diesen Tieren wurden Halothanreaktion und CK-Aktivität getestet und der Blutgruppenfaktor Ha sowie die Typen der Enzymsysteme PHI, 6-PGD und ADA bestimmt.

Kopplungsbeziehungen zwischen den Loci H, PHI und 6-PGD sowie zwischen PHI und Halothanreaktion wurden nachgewiesen, während H und 6-PGD keine Beziehung zur Halothanreaktion zeigten. Unerwartet war jedoch die Beziehung zwischen PHI bzw. 6-PGD und ADA.

Im Zusammenhang mit der CK-Aktivität standen nur PHI und die Halothanreaktion, wobei PHI-AA und Hal(+)-Tiere vermehrt auftraten. Diese Tiere zeigten auch eine höhere CK-Aktivität. Die PHI-AB-Tiere hatten bevorzugt eine negative Halothanreaktion und zeigten niedrigere CK-Aktivitäten. Beziehungen zwischen PHI-BB-Merkmalsträgern und der Halothanreaktion bzw. CK-Aktivität waren nicht erkennbar. Das Gen A im PHI-System scheint in der untersuchten Schweinepopulation bevorzugt mit dem Gen n am Hal-Locus vorzukommen.

Pleiotrope Effekte der Blutpolymorphismen und der Halothan- und CK-Reaktion auf die Leistungsmerkmale wurden anhand der Varianzanalyse geprüft. H, PHI und 6-PGD zeigten nur isolierte Beziehungen zu einigen Merkmalen der Mast- und Schlachtleistung sowie der Fleischbeschaffenheit.

Deutliche Zusammenhänge wurden zwischen der Halothanreaktion bzw. CK-Aktivität und den geprüften Leistungsmerkmalen gefunden. Die Hal(+)-Tiere zeigten die besten täglichen Zunahmen und die beste Schlachtkörperzusammensetzung sowie eine schlechtere Fleischbeschaffenheit. Umgekehrt zeigten Hal(-)-Tiere durchschnittlich die bessere Fleischbeschaffenheit und schlechtere Schlachtkörperzusammensetzung.

Die niedrigeren CK-Aktivitäten kamen bevorzugt mit ungünstigen Merkmalen der Mast- und Schlachtleistung aber mit besserer Fleischbeschaffenheit vor, während die Tiere mit höherer CK-Aktivität günstigere Schlachtkörperzusammensetzung und schlechtere Fleischbeschaffenheit zeigten.

Halothanreaktion und CK-Aktivität dürften in ihrem kombinierten Einsatz wertvolle Hilfsmittel für eine Selektion auf Streßresistenz und eine Verbesserung der Fleischbeschaffenheit sein. Das Zuchtziel wäre demnach halothannegative Schweine mit niedrigen CK-Werten und guter Fleischbildung.

Die zusätzliche Berücksichtigung von Markergenen bringt in vorliegendem Material keine weitere Verbesserung der Selektion.

#### 4. SUMMARY

Relationships between marker genes and fattening performance, carcass yield and meat quality in pigs.

To find relations between the polymorphous blood systems, stress resistance and their relations to production traits of German Landrace pigs, 623 animals were examined. Halothane and CK test were applied and the types of blood group H and enzyme systems PHI, 6-PGD and ADA were determined.

Linkage disequilibrium between H, PHI and 6-PGD was found as well as between PHI and halothane reaction. No correlation was found between H and 6-PGD and halothane reaction. Unexpected however was the relation between PHI or 6-PGD and ADA.

Relationship was discovered between PHI, Halothane reaction and CK activity. The type PHI-AA and the positive halothane reaction were related and these pigs had a higher CK activity. The type PHI-AB and the negative halothane reaction were related and the pigs had a lower CK activity. No tendency was shown by PHI-BB type for halothane or for CK activity. The gene A in PHI-system might be correlated with the gene n at Hal-Locus in this pig population.

By means of variance analysis the pleiotropic effects of the polymorphism on the stress resistance were studied. Only some isolated relationships were found between H, PHI and 6-PGD and fattening and carcass characteristics as well as meat quality traits.

Evident relationships were revealed between halothane reaction or CK activity and the controlled production traits. Halothane positive pigs had the best daily gain and had more meat but had a poorer meat quality. However, the halothane negative pigs had a good meat quality and poor slaughter traits.

Pigs with normal meat quality had lower CK activity and inferior meatness. Yet the pigs with higher CK activity showed propitious meatness but poorer meat quality.

The combination of halothane reaction and CK activity turned out therefore to be auxiliary means for the selection on the improvement of stress resistance and meat quality in the studied population. The halothane negative pigs with lower CK activity and also good meatness might be taken to be bred.

The additional use of marker genes does not improve the selection in the material examined in this work.

## 5. RESUME

De la question des relations entre les gènes marqueurs et l'engraissement, le rendement à l'abattage ainsi que la qualité de la viande chez le porc.

En vue d'étudier les relations entre le polymorphisme sanguin et la résistance au stress et leurs relations respectives vis-à-vis des caractères de production chez le porcin 623 porcs du Landrace allemand ont été soumis aux tests à l'halothane et à la créatinekinase et, à l'abattage, à la détermination génotypique du système du groupe sanguin H et des systèmes enzymatiques PHI, 6-PGD et ADA.

Les résultats ont mis en évidence les relations de linkage entre les systèmes H, PHI et 6-PGD. Inattendues ont été ces relations entre ADA et PHI ainsi qu'entre ADA et 6-PGD. Seul PHI a été trouvé en relation avec la réaction à l'halothane.

Seuls le système PHI et la réaction à l'halothane se trouvaient en relation avec l'activité de la créatinekinase. Les animaux porteurs du type PHI-AA ont, en moyenne, plus réagi positivement à l'halothane que les autres et ce type PHI-AA et la réaction positive à l'halothane ont prouvé leur tendance à la plus grande activité de la créatinekinase. La réaction à l'halothane a été généralement rare et l'activité de la créatinekinase plus faible chez les animaux du type PHI-AB. Aucune tendance, cependant, n'a été enregistrée chez les animaux porteurs du type PHI-BB vis-à-vis de la réaction à l'halothane et de l'activité de la créatinekinase. Le gène A dans le système PHI semble donc plus intimement lié au gène récessif n dans le locus Hal.

Les résultats de l'analyse de variance en vue de détecter d'éventuels effets pléiotropiques du polymorphisme sanguin sur les caractères de production ont révélé des relations très évasives pour les systèmes H, PHI et 6-PGD vis-à-vis de l'engraissement, de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande. Les relations les plus nettes ont été obtenues entre la réaction à l'halothane et l'activité de la créatinekinase et les caractères de production respectivement. Les animaux sensibles à l'halothane avaient le meilleur gain journalier et le meilleur rendement à l'abattage avec une qualité de viande inférieure. Par contre les animaux résistants avaient la meilleure qualité de la viande et leur composition de la carcasse était mauvaise.

La faible activité de la créatinekinase est liée au mauvais rendement à l'engraissement et à l'abattage ainsi qu'à la meilleure qualité de la viande. La situation est inverse pour la forte activité enzymatique.

L'usage combiné du test à l'halothane et à la créatinekinase se révèle comme le moyen efficace d'amélioration de la résistance des animaux au stress et de la qualité de la viande. Seraient donc préférables à l'élevage les animaux résistants à l'halothane et présentant une faible activité de la créatinekinase et une bonne formation musculaire.

La considération des gènes marqueurs semble démunie d'effet sur la sélection dans la population porcine étudiée.

6. LITERATURVERZEICHNIS

- Addis, P.B., D.A.Nelson, R.T-I.Ma und J.R.Burroughs (1974):  
Blood enzymes in relation to porcine muscle properties.  
J. Anim. Sci., 38, 279-286
- Allen, W.M., K.A.Collis, S.Berret und J.C.Bell (1976):  
Factors which may affect CK estimations in the pig.  
Proc. 3rd Intern. Conf. on Produc. Diseases in  
Farm Anim., Wageningen, The Netherlands, 179-182
- Andresen, E. (1970)a:  
Close linkage between the locus for phosphohexose isomerase (PHI) and the H blood group locus in pigs.  
Anim. Blood Grps biochem. Genet., 1, 171-172
- Andresen, E. (1970)b:  
Linkage between the H and 6-PGD loci in pigs.  
Acta vet. scand., 11, 136-137
- Andresen, E. (1971):  
Linear sequence of the autosomal loci PHI, H and 6-PGD in pigs.  
Anim. Blood Grps biochem. Genet., 2, 119-120
- Andresen, E. (1979)a:  
Associative additive effects of Alleles of the H and PHI loci on the quality of meat from Danish Landrace pigs.  
Acta Agric. Scand., 29, 322-325
- Andresen, E. (1979)b:  
Linkage disequilibrium responsible for association between susceptibility to the Malignant Hyperthermia Syndrome (MHS) and PHI types in Danish Landrace Pigs.  
Acta Agric. Scand., 29, 369-373
- Andresen, E. (1979)c:  
Evidence indicating the sequence Phi, Hal, H of the three closely linked loci in pigs.  
Nord. Vet. Med., 31, 443-444
- Andresen, E. (1980)a:  
Association between phenotypes of the H and PHI systems explained by linkage disequilibrium in Danish Landrace pigs.  
Acta Agric. Scand., 30, 189-192
- Andresen, E. (1980)b:  
Association between susceptibility to the malignant hyperthermia syndrome (MHS) and H blood types in Danish Landrace pigs explained by linkage disequilibrium.  
Livest. Prod. Sci., 7, 155-162
- Andresen, E. (1980)c:  
Relative Risks associated with the Malignant Hyperthermia Syndrome (MHS).  
Intern. Pig Veterinary Soc. Congress, Copenhagen

- Andresen, E. (1981):  
Evidence for a Five-Locus Linkage Group Involving  
Direct and Associative Interactions with the A-O Blood  
Group Locus in Pigs.  
The Royal Danish Agr. Soc. Copenhagen, 208-212
- Andresen, E. und P.Jensen (1977):  
Close linkage established between the HAL locus for  
Halothane sensitivity and the PHI (phosphohexose isome-  
merase) locus in pigs of the Danish Landrace breed.  
Nord. Vet.-Med., 29, 502-504
- Andresen, E. und P.Jensen (1978):  
Evidence of an additive effect of alleles of the HAL lo-  
cus on the KK index for porcine meat quality.  
Nord. Vet.-Med., 30, 286-288
- Andresen, E. und P.Jensen (1979)a:  
The effect of selection for improved meat quality by  
means of the H blood group system in pigs of the Danish  
Landrace breed.  
Nord. Vet.-Med., 31, 35-37
- Andresen, E. und P.Jensen (1979)b:  
Functional additive effect of H blood group alleles on  
carcass length in Danish Landrace pigs.  
Nord. Vet.-Med., 31, 229-232
- Andresen, E. und P.Jensen (1980):  
Helpful Linkage Relations between Identifiable Single  
Locus Traits in the Pig, Including the Hal-Locus.  
31.Jahrestagung der EVT, München, Bericht GP 3.3
- Andresen, E., P.Jensen und P.Barton-Gade (1981)a:  
The porcine Hal locus: A major locus exhibiting overdo-  
minance.  
Z. Tierzüchtg. Züchtgsbiol., 98, 170-175
- Andresen, E., P.Jensen und P.Jonsson (1981)b:  
Population studies of Phi, Hal, H haplotype frequencies  
and linkage disequilibria in Danish Landrace pigs.  
Z. Tierzüchtg. Züchtgsbiol., 98, 45-54
- Andresen, E., P.Jensen, P.Jonsson und H.Staun (1980):  
Malignant hyperthermia syndrome (MHS) in pigs: Relative  
risks associated with various genotypes.  
Z. Tierzüchtg. Züchtgsbiol., 97, 210-216
- Augustini, Chr. (1982):  
Ursachen unerwünschter Fleischbeschaffenheit beim  
Schwein.  
Dtsch. Geflügelwirtsch. u. Schweineprod., 47, 1322
- Augustini, Chr. (1983):  
Ursachen unerwünschter Fleischbeschaffenheit beim  
Schwein.  
Fleischwirtschaft, 63, 297-307

- Baumgartner, W., H.Hörcher, B.Quehenberger, A.Liebscher und B.Müller (1980):  
Die Anwendung des Halothan-Testes zur Früherkennung von PSE gefährdeten Schweinen.  
Wien. tierärztl. Mschr., 67, 197-200
- Beermann, D.H., D.N.Marple, C.W.Hirschinger und R.G.Cassens (1975):  
Variation of plasma creatine phosphokinase activity in swine.  
J. Anim. Sci., 40, 75-77
- Bergmann, V. (1979):  
Belastungsmyopathien beim Schwein - Erscheinungsformen und Pathogenese.  
Mh. Vet.-Med., 34, 21-28
- Bickhardt, K. (1970):  
Beziehungen zwischen Enzymaktivitäten und Metabolitgehalten im Blut vor und nach körperlicher Belastung sowie der Wäßrigkeit des Fleisches bei Schweinen (Vorläufige Mitteilung).  
Dtsch. tierärztl. Wschr., 77, 535-538
- Bickhardt, K. (1974):  
Pathophysiologische Prozesse bei pH-Wert- und Temperaturänderungen im Muskel vor und nach dem Schlachten.  
Fleischwirtschaft, 54, 486
- Bickhardt, K. (1979):  
Der CK-Test beim Schwein. Theorie und Praxis.  
Der Tierzüchter, 31, 181-182
- Bickhardt, K., H.-J.Chevalier und K.Tuch (1975):  
Zur Ätiologie und Pathogenese der Akuten Rückenmuskelnekrose des Schweines.  
Dtsch. tierärztl. Wschr., 82, 475-479
- Bickhardt, K. und L.Richter (1980):  
Methodische Aspekte des Creatin-Kinase-Tests (CK-Test) beim Schwein.  
Dtsch. tierärztl. Wschr., 87, 296-298
- Blendl, H.M. (1982):  
Schlachtkörperqualität.  
in: H.Bogner(Hrgb): Marktgerechte Schweineproduktion.  
Hamburg; Berlin/Parey. 218-229
- Blendl, H.M., H.Gehra, P.Matzke und E.Hußlein (1984):  
Mögliche Abgrenzung von CK-Werten im Vergleich zum Halothan-Test als Basis der Zuchtselektion.  
Züchtungskunde, 56, 11-19
- Blendl, H.M., W.Hollwich, P.Matzke und J.Härtl (1981):  
Halothan-Test als Selektionsmethode beim Schwein - bisherige Erfahrungen aus der Mastprüfungsanstalt Grub.  
Bay. Landw. Jahrbuch, 58, 475-483
- Blendl, H.M. und E.Husslein (1980):  
Lendenstärke-Speck-Quotient (LSQ), EG-Handelsklassenschema und Schlachtkörperwert beim Schwein.  
Fleischwirtschaft, 60, 259-262

- Blendl, H.M. und H.Puff (1979):  
Kennwerte für eine Beurteilung von Qualitätsmängeln bei  
Schweinfleisch.  
Schule und Beratung, 4, 6-8
- Brascamp, E.W., G.Eikelenboom und D.Minkema (1980):  
The effect of a single locus (halothane) on variances of  
and correlations among quantitative production traits.  
31.Jahrestagung der EVT, München, Bericht GP 3.4
- Ebermann, R., J.Barna, P.Kutscha-Lissberg und R.Leitgeb (1973):  
Der Einfluß der polymorphen Präalbumine im Schweineserum  
auf Futterverwertung und Schlachtkörperzusammensetzung  
von Österreicherischen Edel- und Landrasse-Schweinen.  
Züchtungskunde, 45, 133-139
- Eiffert, L., E.Kallweit und M.Henning (1983):  
Leistungsdifferenzen zwischen Halothanpositiven und he-  
terozygot negativen Wurfgeschwister bei Schlachtung nach  
gleichem Alter.  
Vortragstagung DGfZ/GfT, Weihenstephan.
- Eikelenboom, G., D.R.Campion, R.G.Kaufman und R.G.Cassens(1974):  
Early postmortem methods of detecting ultimate porcine  
muscle quality.  
J. Anim. Sci., 39, 303-308
- Eikelenboom, G. und D.Minkema (1978):  
Der Halothan-Test - eine Selektionshilfe in der Schwe-  
ine zucht.  
Der Tierzüchter, 30, 194-196
- Eikelenboom, G., D.Minkema, P.van Eldik (1976):  
The application of the halothane-test. Differences in  
production characteristics between pigs qualified as  
reactors (MHS-susceptible) and non-reactors.  
Proc. 3rd Intern. Conf. Product. Diseases in Farm Anim.  
Wageningen, The Netherlands. 183-185
- Eikelenboom, G., D.Minkema, P.van Eldik und W.Sybesma (1978):  
Production characteristics of Dutch Landrace and Dutch  
Yorkshire pigs as related to their susceptibility for  
the Halothane-induced Malignant Hyperthermia Syndrome.  
Livest. Prod. Sci., 5, 277-284
- Eikelenboom, G., D.Minkema, P.van Eldik und W.Sybesma(1980)a:  
Results of halothane testing in offspring of Dutch Land-  
race A.I. boars of different halothane phenotypes.  
Livest. Prod. Sci., 7, 283-289
- Eikelenboom, G., D.Minkema, P.van Eldik und W.Sybesma(1980)b:  
Performance of Dutch Landrace pigs with different geno-  
types for the halothan-induced malignant hyperthermia  
syndrome.  
Livest. Prod. Sci., 7, 317-324
- Eikelenboom, G. und W.Sybesma (1974):  
A possible mechanism for induction of porcine malignant  
hyperthermia syndrome.  
J. Anim. Sci., 38, 504-506

- Ensinger, U., E.Rogdakis, E.Müller und H.v.Faber (1982):  
Stoffwechselfparameter bei halothanpositiven und halothan-negativen Schweinen.  
I. Konzentration von Laktat, cAMP und Glykogen sowie Aktivität der Phosphorylase, Phosphofruktokinase und Pyruvatkinase im M. long. dorsi.  
Z. Tierzüchtg.Züchtgsbiol., 99, 26-32
- Faber, H.v., E.Rogdakis und E.Müller (1983):  
Die Rolle von Hormonen bei der Entstehung von PSE-Fleisch - Eine Übersicht.  
Züchtungskunde, 55, 337-347
- Fewson, D. (1980):  
Inzucht und Fremdzucht.  
in: G.Comberg(Hrsg.): Tierzüchtungslehre. 3.Aufl.  
Verlag Ulmer, Stuttgart. 193-214
- Fewson, D., A.V.Zarate und E.Niebel (1983)  
Beitrag zur züchterischen Verbesserung der Fleischbeschaffenheit beim Schwein.  
1. Entwicklung einer Fleischbeschaffenheitszahl mit Diskriminanzfunktionen.  
Züchtungskunde, 55, 348-359
- Fischer, K. (1982):  
Verfahren zur Vorhersage der Fleischbeschaffenheit am lebenden Tier.  
Dtsch. Geflügelwirtsch. u. Schweineprod., 47, 1322-1323
- Fischer, K. (1983):  
Verfahren zur Vorhersage der Fleischbeschaffenheit am lebenden Tier.  
Fleischwirtschaft, 63, 310-320
- Franceschi, P.F. und L.Ollivier (1980):  
Fréquences de gènes importants dans les populations porcines.  
31.Jahrestagung der EVT, München, Bericht GP 3.2
- Fraser, A.F. (1978):  
Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere.  
Verlag E. Ulmer, Stuttgart, 1. Aufl.
- Fries, R., G.Dolf und G.Stranzinger (1982):  
Genkartierung bei landwirtschaftlichen Nutztieren: Gegenwärtiger Stand, eigene Untersuchungen und Anwendungsmöglichkeiten.  
Schweiz. Landw. Mh., 60, 205-221
- Gadoud, R. und P.Surdeau (1975):  
Génétique et Sélection Animales-  
Tome I. Génétique Animale.  
Ed.J.B. BAILLIERE-France
- Geldermann, H. (1980):  
Biochemische Merkmale.  
in: G.Comberg (Hrsg): Tierzüchtungslehre. 3.Aufl.  
Verlag E.Ulmer, Stuttgart. 255-269

- Golsch, A., W.Peschke und G.Averdunk (1982):  
Möglichkeit der Kombination von Hilfsmerkmalen zur Erfassung der Fleischqualität beim Schwein zu einem Fleischqualitätsindex.  
Bay. Landw. Jahrb., 59, 74-78
- Grau, R. und R.Hamm (1952):  
Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Fleisch.  
Fleischwirtschaft, 4, 295-297
- Guérin, G., L.Ollivier und P.Sellier (1980):  
Fréquences géniques et déséquilibres de "linkage" aux locus Hal, PHI et 6-PCD dans quelques races porcines françaises (résultats préliminaires).  
31.Jahrestagung der EVT, München, Bericht 3.8
- Hanset, R., P.Leroy, C.Michaux und K. N.Kintaba (1983):  
The Hal locus in the Belgian Pietrain pig breed.  
Z. Tierzüchtg. Züchtungsbiol., 100, 126-133
- Henning, M. (1982):  
Untersuchungen zur Methodik und Anwendung des Halothan-tests beim Schwein.  
Diss. Georg-August-Universität Göttingen
- Hildebrandt, G. (1974):  
Konstitution, Rigor mortis und Fleischqualität beim Schlachtschwein  
Fleischwirtschaft, 54, 926-928 u. 931
- Horvath, I., E.Niebel, E.Müller und D.Fewson (1984):  
Beitrag zur züchterischen Verbesserung der Fleischbeschaffenheit beim Schwein.  
2. Phänotypische Beziehungen zwischen Fleischbeschaffungsmerkmalen bei Schweinen der Deutschen Landrasse.  
Fleischwirtschaft, 64, 352-354
- Hwang, P.T., P.B.Addis, W.E.Rempel und A.Antonik (1977):  
Determination of porcine blood creatine kinase by firefly luciferase.  
J. Anim. Sci., 45, 1015-1022
- Imlah, P. (1980):  
Linkage studies on the A-O, H and Cpi loci and the Hal (halothane) locus in pigs (Abstract).  
Anim. Blood Grps Biochem. Genet., 11, Suppl. 1, 47
- Imlah, P. (1982):  
Linkage studies between the halothane (Hal), phosphohexose isomerase (Phi) and the S(A-O) and H red blood cell loci of Pietrain/Hampshire and Landrace pigs.  
Anim. Blood Grps Biochem. Genet., 13, 245-262
- Jensen, P. und E.Andresen (1980):  
Testing methods for PSE syndrome: current research in Denmark  
Livest. Prod. Sci., 7, 325-335

- Jørgensen, P.F., J.Hyldgaard-Jensen, G.Eikelenboom und J.Moustgaard (1976)a:  
Phosphohexose isomerase (PHI) and porcine Halothane sensitivity.  
Acta vet. scand., 17, 370-372
- Jørgensen, P.F., J.Hyldgaard-Jensen, G.Eikelenboom und J.Moustgaard (1976)b:  
Meat quality, halothane sensitivity and blood parameters.  
Proc. 3rd Intern. Conf. Product. Diseases in Farm Anim., Wageningen, The Netherlands. 200-202
- Judge, M.D., G.Eikelenboom, L.Zuidam und W.Sybesma (1973):  
Blood acid-base status and oxygen binding during stress-induced hyperthermia in pigs.  
J. Anim. Sci., 3, 776-784
- Kallweit, E. (1978):  
Vermarktung und Qualitätsansprüche bei Schlachtschweinen in: G.Comberg (Hrsg): Schweinezucht. 8.Aufl.  
Stuttgart, Ulmer, 449-488
- Kallweit, E. (1979):  
Aktueller Stand der Forschung auf dem Gebiet Enzymdiagnostik, Blutgruppen und Halothantest im Zusammenhang mit Problemen der Streßanfälligkeit und Fleischqualität beim Schwein in der Bundesrepublik Deutschland.  
30.Jahrestagung der EVT, Harrogate, Bericht MP 2.2
- Kallweit, E. (1980)a:  
Fleischfülle und Fleischbeschaffenheit. Was muß der Erzeuger wissen?  
Schweinez. u. Schweinemast, 28, 148-152
- Kallweit, E. (1980)b:  
Fleischfülle und Fleischbeschaffenheit. Was ist züchterisch zu tun?  
Schweinez. u. Schweinemast, 28, 180-186
- Kallweit, E., A.Feuerherdt und M.Henning (1981):  
Haltungs- und Klimaeinflüsse auf den Halothantest beim Schwein  
Der Tierzüchter, 33, 198-200
- Kallweit, E. und E.Groeneveld (1981)a:  
Der Halothan-Test: -wie und warum-  
Schweinez. u. Schweinemast, 29, 9-11
- Kallweit, E. und E.Groeneveld (1981)b:  
Der Halothan-Test:-Anwendungsmöglichkeiten-  
Schweinez. u. Schweinemast, 29, 40-43
- Kallweit, E., U.Schmidt und J.Unshelm (1980):  
Methodische Probleme des Halothantests.  
Züchtungskunde, 52, 114-121
- Kittler, L. und V.Dzapo (1978):  
Zur Anwendung der Halothannarkose und Creatin-Phosphokinase-(CPK-) Bestimmung im Blut als indirektes Kriterium der Vitalität beim Schwein.  
Dtsch. Tierärztl. Wschr., 85, 467-470

- Kleibel, A., H.Pfützner und E.Krause (1983):  
Messung des dielektrischen Verlustfaktors: eine im Routinebetrieb anwendbare Methode zur Erkennung von PSE-Muskeln.  
Fleischwirtschaft, 63, 322-328
- Klettner, P.-G. (1983):  
Messung der Festigkeit von Fleisch und Fleischerzeugnissen mit dem Penetrometer.  
Fleischwirtschaft, 63, 346-347
- Kolb, E. (1979):  
Neuere biochemische Erkenntnisse zur Entstehung der malignen Hyperthermie und des PSE-Fleisches beim Schwein.  
Mh. Vet.-Med., 34, 32-36
- Kovach, G. (1980):  
Phenotypic correlations among fattening performances and meat quality of halothane positive and negative KA-HYB hybrid swine populations.  
31.Jahrestagung der EVT, München, Bericht GP 3.7
- Kubek, A. und H.Dinklage (1971):  
Phosphohexose isomerase polymorphism of pigs.  
Anim. Blood Grps biochem. Genet., 2, 35-38
- Lampo, Ph. (1976):  
Distribution and variation of Creatine Kinase and lactate dehydrogenase in different groups of Belgian pigs.  
Proc. 3rd Intern. Conf. Product. Diseases in Farm Anim., Wageningen, the Netherlands, 172-175
- Lengerken, G.v., V.Albrecht und J.Schneider (1979):  
Einfluß der Halothane-Reaktivität beim Schwein auf das Verhalten biochemischer Kennwerte im Blut.  
Mh. Vet.-Med., 34, 576-579
- Lister, D., J.N.Lucke und G.M.Hall (1976):  
Pale, soft, exudative (PSE) meat, stress susceptibility and MHS in pigs - Endocrinological and general physiological aspects.  
Proc. 3rd Intern. Conf. Product. Diseases in Farm Anim., Wageningen, the Netherlands, 144-150
- Mailänder, Ch. und E.Müller (1984):  
Selektion nach der Aktivität NADPH-liefernder Enzyme im Fettgrewebe des Schweines.  
4. Mitteilung:  
Isoenzyme der 6-Phosphogluconat-Dehydrogenase und ihre Beziehungen zu Leistungsmerkmalen.  
Züchtungskunde, 56, 273-279
- Matzke, P. (1984):  
Einige Beziehungen zwischen MS-Messwerten und anderen Fleischbeschaffenheitsparameter.  
Proc. Scient. Meet. Biophysical PSE-Muscle Analysis, Viena (Supplement)

- Matzke, P., H.M.Blendl, W.Hollwich, I.Gunter, E.Husslein und G.Buchart (1984):  
Beziehungen zwischen Halothan-Reaktion und Merkmalen der Mastleistung, des Schlachtkörperwertes und der Fleischbeschaffenheit beim Schwein.  
Aus Bay. Landw. Jahrb. (im Druck)
- McGloughlin, P., C.P.Ahern, M.Butler und J.V.McLoughlin (1980):  
Halothane-induced malignant hyperthermia in Irish pig breeds.  
Livest. Prod. Sci., 86, 147-154
- McLoughlin, J.V. und C.Mothersill (1976):  
Halothane-induced rigidity and associated glycolytic and energy phosphate changes in red and white fibres of skeletal muscle of the pig.  
J. Comp. Path., 86, 465-476
- Meyer, J. N. (1980):  
Stand der Elternschaftskontrolle beim Schwein in der Bundesrepublik Deutschland  
Seminar Haustiergenetik, Hannover, 1, 101-107
- Meyer, J.N., U.Schmidt, P.Glodek und E.Kallweit (1978):  
Relations of Blood Group and Enzyme loci with sensitivity to Halothane in the Pig.  
XVIth. Intern. Conf. Anim. Blood Grps biochem. Polymorphism, Leningrad
- Minkema, D., G.Eikelenboom und P.van Eldik (1976):  
Inheritance of M.H.S.-susceptibility in pigs.  
Proc. 3rd Intern. Conf. Product. Diseases in Farm Anim., Wageningen, the Netherlands, 203-205
- Monin, G., L.Ollivier und P.Sellier (1976):  
Study of the malignant hyperthermia syndrome in pietrain breed: first results (Abstract)  
Ann. Zootech., 25, 447-448
- Ollivier, L., P.Sellier und G.Monin (1976):  
Frequency of the Malignant Hyperthermia Syndrome (MHS) in some French pig populations: preliminary results.  
Proc. 3rd Intern. Conf. Product. Diseases in Farm Anim., Wageningen, The Netherlands. 208-210
- Pedersen, O.K. (1978):  
Problematik der Höchstleistungen beim Schwein.  
Züchtungskunde, 50, 464-472
- Petri, W., W.Oster und H.Haberkorn (1980):  
Die Technik des Halothan-Tests - Zugleich ein Vorschlag zur Vereinheitlichung des Testverfahrens.  
Der Tierzüchter, 32, 280-282
- Rasmussen, B.A. (1983):  
Isozymes: Current Topics in Biological and Medical Research.  
Vol.11: Medical and Other Applications, 249-268  
Alan R. Liss, Inc.

- Rasmussen, B.A., C.K.Beece u. L.L.Christian (1980):  
Halothane sensitivity and linkage of genes for H red blood cell antigens, phosphohexose isomerase (PHI) and 6-phosphogluconate dehydrogenase (6-PGD) variants in pigs.  
Anim. Blood Grps biochem. Genet., 11, 93-107
- Richter, L. (1979):  
Der CK-Test - eine brauchbare Methode zur Selektion auf Fleischqualität und Streßresistenz beim Schwein.  
Der Tierzüchter, 31, 182-185
- Richter, L., D.K.Flock und K.Bickhardt (1973):  
Creatin-Kinase-Test als Selektionsmerkmal zur Schätzung der Fleischbeschaffenheit im Rahmen der Eigenleistungsprüfung beim Schwein.  
Züchtungskunde, 45, 429-438
- Ristic, M. (1982):  
Methoden zur objektiven Beurteilung der Fleischbeschaffenheit.  
Dtsch. Geflügelwirtsch. u. Schweineprod., 47, 1321
- Rogdakis, E. (1978):  
Isoenzyme der 6-Phosphogluconat-Dehydrogenase im Fettgewebe des Schweines.  
Vortragstagung DGfZ/GfT, Stuttgart-Hohenheim
- Rogdakis, E., U.Ensinger und H.v.Faber (1982):  
Stoffwechselfparameter bei halothanpositiven und halothan negativen Schweinen.  
II. Hormonspiegel.  
Z. Tierzüchtg. Züchtgsbiol., 99, 33-37
- Rutzmoser, K. (1984):  
Der Computer bestimmt die Mischung - Ein Beratungsmodell zur Optimierung von Schweinefuttermischungen.  
Der Tierzüchter, 36, 61-64
- Scheper, J. (1982):  
Zusammenhänge zwischen Eigenschaften der Fleischbeschaffenheit sowie Wechselbeziehungen zwischen Quantität und Qualität.  
Dtsch. Geflügelwirtsch. u. Schweineprod., 47, 1321-1322
- Schepers, K.H., B.Hübbers, U.Reul, A.Festerling und F.Schmitt (1983):  
Entwicklung einer Methode zur Beurteilung der Fleischbeschaffenheit beim Schwein in der Schlachtkette.  
Vortragstagung DGfZ/GfT, Weihenstephan.
- Schepers, K.H. u. F.Schmitt (1978):  
Untersuchungen zur Vererbung der Halothanreaktion beim Schwein.  
Vortragstagung DGfZ/GfT, Stuttgart-Hohenheim
- Schmidt, L. (1983):  
Halothantest läuft auf vollen Touren: Streßfreie Sauenlinien sind wichtiges Ziel dieser Maßnahme.  
Landwirtsch. Wochenbl., 35, 28

- Schmidt, U., E.Kallweit und J.Unsheln (1978):  
Die Abhängigkeit der Halothan-Reaktion von Atemminuten-  
volumen und zugeführter Halothanmenge, geprüft an  
Schweinen der DL.  
Vortragstagung DGfZ/GfT, Stuttgart-Hohenheim
- Schmitten, F. (1982):  
Streßanfälligkeit und Fleischbeschaffenheit beim Schwein  
Der Tierzüchter, 34, 162-165
- Schmitten, F. und K.-H.Schepers (1978):  
Halothan-Test: Der Stressempfindlichkeit auf der Spur.  
top agrar, 3, 14
- Schmitten, F., K.-H.Schepers, E.Wagner und W.Trappmann (1981)a:  
Untersuchungen zur Diagnose der Streßanfälligkeit und  
ihrer Beziehungen zur Leistungseigenschaften beim  
Schwein.  
1.Mitt: Problemstellung, Material und diagnostische Me-  
thodik.  
Züchtungskunde, 53, 118-124
- Schmitten, F., K.-H.Schepers, E.Wagner und W.Trappmann (1981)b:  
Untersuchungen zur Diagnose der Streßanfälligkeit und  
ihrer Beziehungen zu Leistungseigenschaften beim  
Schwein.  
2.Mitt.: Leistungsdifferenzen zwischen streßanfälligen  
und streßresistenten Schweinen.  
Züchtungskunde, 53, 125-134
- Schmitten, F., K.-H.Schepers, E.Wagner und W.Trappmann (1981)c:  
Untersuchungen zur Diagnose der Streßanfälligkeit und  
ihrer Beziehungen zu Leistungseigenschaften beim  
Schwein.  
3.Mitt.: Zusammenhänge zwischen Merkmalen der Streßan-  
fälligkeit und der Fleischleistung.  
Züchtungskunde, 53, 236-244
- Schmitten, F., K.-H.Schepers, E.Wagner und W.Trappmann (1981)d:  
Untersuchungen zur Diagnose der Streßanfälligkeit und  
ihrer Beziehungen zur Leistungseigenschaften beim  
Schwein.  
4.Mitt.: Schätzung genetischer Parameter für Fleischqua-  
litätsmerkmale und Streßkriterien bei Schweinen der  
Deutschen Landrasse.  
Züchtungskunde, 53, 245-252
- Schneider, A., D.Schwörer und J.Blum (1980):  
Beziehung des Halothan-Genotyps zu den Produktions- und  
Reproduktionsmerkmalen der Schweizerischen Landrasse.  
31.Jahrestagung der EVT, München, Bericht GP 3.9
- Schneider, J., G.v.Lengerken, E.Hehne und V.Albrecht (1979):  
Zur praktischen Durchführung des Halothanreaktivitäts-  
testes beim Schwein im Rahmen der Selektion auf Fleisch-  
qualität und Konstitution.  
Mh. Vet.-Med., 34, 801-804

- Schulman, A. (1980):  
Exertional myopathy in Finnish Landrace Pigs. A survey of the situation and evaluation of different control methods.  
J. Scient. Agric. Soc. Finl., 52, 505-570
- Schwörer, D. (1982):  
Untersuchung der Fleischbeschaffenheit und Stressresistenz beim Schwein anhand des Tiermaterials der MLP-Sempach.  
Diss.ETH. 6978
- Schwörer, D. und J.K.Blum (1978):  
Früherkennung der Stressresistenz und der Fleischbeschaffenheit beim Schwein am lebenden Tier.  
Schweiz. Landw. Mh., 56, 328-340
- Schwörer, D. und J.K.Blum (1979):  
Der Halothan-Test als Selektionsmerkmal beim Schwein.  
1.Quartalsbericht der MLP Sempach 237-268
- Schwörer, D. und J.K.Blum (1983):  
Verbesserung der Fleischbeschaffenheit und der Stressresistenz beim Schwein in der Schweiz.  
Der Kleinviehzüchter, 31, 278-290
- Schwörer, D., J.K.Blum und A.Rebsamen (1980):  
Parameters of meat quality and stress resistance of pigs  
Livest. Prod. Sci., 7, 337-348
- Simon, D.L. (1980)a:  
Is Halothane susceptibility caused by a single locus and what other single locus traits are important in the pig?  
31.Jahrestagung der EVT, München, Bericht GP 3.1
- Simon, D.L. (1980)b:  
Mendelsche Genetik.  
in: G.Comberg (Hrsg): Tierzüchtungslehre, 3.Aufl.  
Verlag Ulmer, Stuttgart. 110-124
- Smith, C. und P.R.Bampton (1977):  
Inheritance of reaction to halothane anesthesia in pigs  
Genet. Res. Camb., 29, 287-292
- Smith, C. und A.J.Webb (1980):  
Effects of Major Genes on Animal Breeding Strategies.  
31.Jahrestagung der EVT, München, Bericht GP 3.5
- Smith, W.C. und A.Wilson (1978):  
A note on some factors influencing muscle pH<sub>1</sub> values in commercial pig carcasses.  
Anim. Prod., 26, 229-232
- Sommers, C.J., P.Wilson, C.P.Ahern und J.V.McLoughlin (1976):  
A sequence of physiological changes in an experimentally attenuated form of the Malignant Hyperthermia syndrome.  
Proc. 3rd Intern. Conf. Product. Diseases in Farm Anim., Wageningen, The Netherlands. 167-168

- Sönnichsen, M.-L. und E.Ernst (1978):  
Die Schätzung der Streßanfälligkeit beim Schwein mit  
Hilfe des CK-Testes nach Antonik.  
Vortragstagung DGfZ/GfT, Stuttgart-Hohenheim
- Sönnichsen, M.-L., J.Claus und E.Kalm (1980):  
Halothanempfindlichkeit und Beziehungen zur Fleischlei-  
stung von den Vatterassen Pietrain und Belgische Land-  
rasse.  
31.Jahrestagung der EVT, München, Bericht GP 3.6
- Sönnichsen, M.-L., E.Ernst und J.Claus (1981):  
Zusammenhänge zwischen verschiedenen Merkmalen für die  
Streßanfälligkeit beim Schwein.  
Züchtungskunde, 53, 227-235
- Staun, H. und P.Jensen (1982):  
Selektion auf Fleischqualität bei der Dänischen Land-  
rasse.  
Der Tierzüchter, 34, 496-497
- Stur, I., S.Müller, H.Gruber und W.Schleger (1983):  
Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Porcine  
Stress Syndrome (PSS) und Heterozygotie genetischer  
Marker.  
Züchtungskunde, 55, 106-113
- Usunov, G. und L.Zolova (1974):  
Biochemische Untersuchungen an Muskeln von PSE-Schweinen  
und von normalen Tieren.  
Fleischwirtschaft, 54, 531-532
- Verstegen, M.W.A., E.W.Brascamp, W.van der Hel, P.N. de Groot  
und G.Eikelenboom (1976):  
Effect of susceptibility to the Malignant Hyperthermia  
Syndrome (MHS) as detected by Halothane on some produc-  
tion and energy balance characteristics in Dutch Land-  
race pigs.  
Proc. 3rd Intern. Conf. Product. Diseases in Farm Anim.,  
Wageningen, Netherlands. 188-192
- Vögeli, P. und C.Gerwig (1980):  
Fleischwuchs/Fleischqualität - Kann man gleichzeitig mit  
Erfolg auf beide Eigenschaften züchten?  
Schweinez. u. Schweinemast, 12, 398-400
- Vögeli, P., C.Gerwig, und H.Schneebeli (1983):  
The A-O and H blood group systems, some enzyme systems  
and halothane sensitivity of two divergent lines of  
Landrace pigs using index selection procedures.  
Livest. Prod. Sci., 10, 159-169
- Vögeli, P., C.Gerwig, H.Schneebeli und P.Wäfler (1982)a:  
Genfrequenzen wichtiger polymorpher Systeme des Veredel-  
ten Landschweines bei Indexselektion in positiver und  
negativer Richtung.  
Schweiz. Landw. Mh., 60, 234-240

- Vögeli, P. und D.Schwörer (1982):  
Kopplungsungleichgewicht zwischen dem Malignen Hyperthermie Syndrom (MHD, Halothanempfindlichkeit) und den Phänotypen des H-Blutgruppensystems und des PHI-Enzymsystems beim Schweizerischen Veredelten Landschwein.  
Züchtungskunde, 54, 124-130
- Vögeli, P., D.Schwörer und Ch.Hagger (1982)b:  
Die Bedeutung des Halothantestes, des H-Blutgruppensystems und des PHI-Enzymsystems für die Zucht auf Fleischbeschaffenheit beim Schweizerischen Veredelten Landschwein.  
Schweiz. Landw. Mh., 60, 369-378
- Vögeli, P., D.Schwörer, G.Stranzinger und A.Rebsamen (1982)c:  
Selektion auf Fleischqualität und Streßresistenz mit Hilfe des H-Blutgruppensystems und des PHI-Enzymsystems beim Schweizerischen Veredelten Landschwein und Edelschwein.  
Schweiz. Landw. Mh., 60, 336-344
- Webb, A.J. (1980)a:  
The incidence of halothane sensitivity in British pigs.  
Anim. Prod., 31, 101-105
- Webb, A.J. (1980)b:  
The halothane test: A practical method of eliminating porcine stress syndrome.  
Veterinary Record, 106, 410-412
- Webb, A.J. (1983):  
Effect of halothane phenotype on the performance of British Landrace Pigs.  
Brit. Soc. Anim. Prod. - Winter Meeting 1983
- Webb, A.J. und C.H.Jordan (1978):  
Halothane sensitivity as a field test for stress-susceptibility in the pig.  
Anim. Prod., 26, 157-168
- Webb, A.J. und C.Smith (1976):  
Some preliminary observations on the inheritance and applications of halothane-induced MHS in pigs.  
Proc. 3rd Intern. Conf. Product. Diseases in Farm Anim., Wageningen, The Netherlands. 211-213
- Wegner, W., H.Feder und G.Sponer (1970):  
Das Amylasesystem sowie der Erythrozyten-Eisengehalt und ihre Beziehung zum Fleischhelligkeitswert beim Schwein.  
Dtsch. tierärztl. Wschr., 77, 59-60
- Weniger, J.H. (1980)a:  
Wachstum und Fleischbildung  
in: G.Comberg (Hrsgb.): Tierzüchtungslehre, 3.Aufl.  
Verlag Ulmer, Stuttgart. 317-335
- Weniger, J.H. (1980)b:  
Leistungsprüfungen Schwein  
in: G.Comberg (Hrsgb.): Tierzüchtungslehre, 3.Aufl.  
Verlag Ulmer, Stuttgart. 416-424

- Widar, J. und M.Ansay (1975):  
Adenosine deaminase in the pig: tissue specific patterns  
and expressions of the silent ADA<sup>0</sup> allele in uncleated  
cells.  
Anim. Blood Grps biochem. Genet., 6, 109-116
- Wiegand, Ch., G.Schlenker, M.Rothe, G.v.Lengerken, E.Schönfeld  
und K.Schmutzler (1983):  
Beziehungen zwischen der Halothanempfindlichkeit und Ei-  
genleistung bei Ebern in einer zentralen Eberaufzucht-  
station.  
Arch. Tierzucht, 26, 161-172
- Willeke, H., K.Amler und K.Fischer (1984):  
Der Einfluß des Halothanstatus der Sau auf deren Wurf-  
größe.  
Züchtungskunde, 56, 20-26
- Zwiauer, D. (1980):  
Beziehungen zwischen biochemischen Markergenen und Lei-  
stungseigenschaften beim Rind.  
Z. Tierzüchtg. Züchtgsbiol., 2.Beiheft
- ADS: Richtlinien für die Stationsprüfung auf Mastleistung und  
Schlachtkörperwert beim Schwein (Stand Januar,1982).
- Ausschuß für genetisch-statistische Methoden in der Tierzucht  
der DGfZ (1984):  
Empfehlungen zur Ermittlung einer Fleischbeschaffen-  
heitszahl für die Schweinezucht.  
Züchtungskunde, 56, 1-2
- SAS User's Guide : Basics (1982).  
SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.

## D A N K S A G U N G

Mein besonderer Dank gilt dem Präsidenten der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht, Grub, Herrn Prof. Dr. H. BOGNER für die Überlassung des Themas und für die Unterstützung bei der Planung und Durchführung der Versuche. Er ermöglichte mir in Zusammenarbeit mit der Hanns-Seidel-Stiftung den Aufenthalt an der BLT.

Mein Dank gilt auch besonders Herrn Prof. Dr. H. KRÄUBLICH, Institut für Tierzucht und Tierhygiene der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Tierzucht in München, für das Interesse an der Arbeit und für ihre Übernahme an der Fakultät. Dabei bin ich auch für die Hilfe von Herrn Priv. Doz. Dr. Dr. F. GRAF dankbar.

Besonders möchte ich auch Herrn Prof. Dr. D.O. SCHMID, Institut für Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenmedizin der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität in München, danken für seine Unterstützung bei der Abfassung dieser Arbeit, für seine Bereitschaft zur Hilfe und für seine wertvollen Ratschläge.

Sehr herzlich danke ich Frau Dr. D. SPRENGEL für ihr großes Interesse an der Arbeit und für ihre ständige Bereitschaft, mich bei der Abfassung zu unterstützen.

Herrn Veterinärdirektor Dr. P. MATZKE, Herrn Landwirtschaftsdi-  
rektor Dr. H. BLENDL, Herrn Dr. HOLLWICH, Herrn E. HUSSLEIN so-  
wie den Mitarbeitern der Abteilung des Veterinärwesens und der  
Abteilung für Schweineproduktion der BLT-Grub bin ich für die  
praktische Arbeit zu aufrichtigem Dank verpflichtet.

Ebenso möchte ich Herrn Regierungsdirektor Dr. G. AVERDUNK,  
Herrn W. PESCHKE und Frau G. SAUERER für die Hilfe bei der Aus-  
wertung des Materials danken. Herrn J. FUSSEDER und Mitarbei-  
tern der EDV in Grub möchte ich für die technische Unterstüt-  
zung bei der Abfassung des Textes und Frau M. KRISCH für die  
graphische Gestaltung herzlich danken.

Mein Dank gilt auch Herrn Tierarzt L. ERHARD, Institut für  
Blutgruppenforschung und Immunbiologie der Tierzuchtforschung  
e.V. München, Grub, für die Bestimmung der Blutgruppen- und  
Enzymfaktoren und Herrn Dr. H. GEHRA, Tiergesundheitsdienst in  
Grub, für die Bestimmung der Creatinkinaseaktivität im Blut.

Weiter danke ich allen Mitarbeitern der BLT-Grub, die mir wäh-  
rend meines Aufenthaltes an der BLT Grub geholfen haben.

Bei der Hanns-Seidel-Stiftung bedanke ich mich sehr für die  
ständige finanzielle Unterstützung und das mir entgegengebrach-  
te Verständnis.

## LEBENS LAUF

Name : Mushiba, KADIMA-NKASHAMA

Geburtsdatum: 16.März 1950

Geburtsort : Tshilenge (Zaire)

Eltern : Ntambala, MUKENDI  
KALANGA-TSHIBUABUA

1957 - 1964 : Grundschule (Ecole Primaire St. Marc, Tshilenge)

1964 - 1971 : Gymnasium (Collège St. Georges de Ngandanjika,  
Collège St. Pierre de Mbuji-Mayi und  
Athénée Royal de Kolwezi)

31.7.1971 : Staatsexamen der Reifeprüfung

1972 - 1978 : Studium der Veterinärmedizin an der "Université  
Nationale du Zaïre, Lubumbashi". Approbation als  
Tierarzt

1979 - 1980 : Tierarzt im Staatsbetrieb für die Züchtung und  
Vermehrung des Fleischrindes

1980 - 1981 : Tätig in Zentraler Verwaltung des Landwirtschaft-  
lichen Ministeriums (Direktion der Tierproduktion  
und -gesundheit)

1981 - 1982 : Fortbildung in der BRD (organisiert von DSE):  
Georg-August-Universität, Göttingen, Institut für  
Tierzucht und Haustiergenetik

1.3.1983 : Anfertigung der vorliegenden Doktorarbeit in der  
Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht Grub und  
am Institut für Tierzucht und Tierhygiene der  
Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-  
Universität München, Lehrstuhl für Tierzucht









